...er M. Rieger'schen Univ.-Buchhandlung (Gustav Himmer)
in **München,** Odeonsplatz 2.

Hygienische Tagesfragen.

I. Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände. Mit Vorwort von **M. v. Pettenkofer.** Herausgegeben von **J. Soyka.** 1880. ℳ 2.—
II. Die Kanalgase, deren hygienische Bedeutung und techn. Behandlung. Von **Fr. Renk.** Mit 25 Abbild. 1882. ℳ 3.—
III. Die schweflige Säure und ihre Verwendung bei Herstellung von Nahrungs- und Genussmitteln. Von **L. Pfeiffer.** Mit 50 Abbild. 1889. ℳ 3.—
IV. Die Mikro-Organismen der Luft. Von **Miquel.** Mit 5 Abbild. 1889. ℳ 2.40
V. Die Kaffeesurrogate. Ihre Zusammensetzung und Untersuchung. Von **H. Trillich.** 1889. ℳ 1.20



von Dr. **J. Fort.**
1883. Preis ℳ —.80.

Cholera und Typhus in München

von **M. Königer.**

I. Theil. Die Cholera-Epidemie 1873/74. Mit 8 Tafeln. 1882. ℳ 8.—
II. Theil. Die Typhusmortalität in München 1871–1880. Mit 4 Tafeln. 1886. ℳ 4.—

Tafeln zur Gasometrie.

Enthaltend die Factoren zur Reduction der Gasvolumina auf 0° und 760 mm Quecksilberdruck und sämmtliche bei Gasanalysen nöthigen Zahlenangaben.
Von Dr. **A. Baumann,**
Privatdocent, Assistent am chem. Laboratorium zu München.
8°. Kartonnirt. Preis 3 ℳ.

Die neue chirurgische Klinik in München.

Mit einer Rede: Die Entwicklung der Chirurgie in München
von Prof. Dr. **O. Angerer.**
gr. 8°. Mit 6 Abbildungen. Preis ℳ 1.60.

Anleitung

zu

Hygienischen Untersuchungen.

Nach den

im hygienischen Institut der königl. Ludwig-Maximilians-Universität
zu München üblichen Methoden zusammengestellt

von

Rudolf Emmerich und **Heinrich Trillich.**

Mit 97 Abbildungen.

Zweite vermehrte Auflage.



M. RIEGER'SCHE

UNIVERSITÄTS- BUCHHANDLUNG
GUSTAV HIMMER, K. B. HOFLIEFERANT.



MÜNCHEN 1892.

E. Mühlthaler'sche k. Hofbuchdruckerei in München.

VORWORT.

Laut § 8 lit. d der Königlich Allerhöchsten Verordnung vom 6. Februar 1876, die Prüfung für den ärztlichen Staatsdienst in Bayern betreffend, hat jeder Kandidat bei der praktischen Prüfung auch eine hygienische Untersuchung vorzunehmen und über das Ergebnis einen Bericht auszuarbeiten.

Da man in der Hygiene ebensowenig wie in der Psychiatrie eine vollständige Beherrschung des ganzen Faches von den Kandidaten verlangen kann, so musste man schon von Anfang an bei dem praktischen Kurse, welchen die Kandidaten für diesen Teil der Prüfung besuchen, sich auf die Auswahl einzelner Untersuchungsgegenstände beschränken.

Obschon nun diese im wesentlichen in dem grossen Lehrbuche der hygienischen Untersuchungsmethoden von Flügge enthalten sind, so zeigte es sich doch sehr bald als wünschenswert, einzelne Aufgaben besonders hervorzuheben, die einfachsten Methoden darauf anzuwenden und sie dem Verständnis der Kandidaten möglichst leicht zugänglich zu machen.

Auf diese Art nahm der praktische hygienische Kurs für das Physikatsexamen eine Form an, welche die Kandidaten während der Demonstrationen zu vielem Nachschreiben nötigte, was weder dem Lehrenden noch den Lernenden angenehm sein konnte. Professor Dr. Emmerich hat sich nun im Vereine mit dem Assistenten

der kgl. Untersuchungsanstalt für Nahrungs- und Genussmittel, Herrn Trillich, entschlossen, eine Anleitung drucken zu lassen, welche nach meiner Überzeugung nicht nur den Besuchern des Kurses in München, sondern auch Vielen auswärts willkommen sein wird, weil sie so ziemlich alles enthält, was dem Bezirksarzte am häufigsten vorkommt und was von jedem nötigenfalls selbst erledigt werden kann oder von ihm doch, wenn die Untersuchung auch durch Andere ausgeführt wird, genau überwacht und beurteilt werden muss.

München, im April 1889.

Dr. Max von Pettenkofer.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Diese zweite Auflage der „Anleitung zu hygienischen Untersuchungen" bedarf unsrerseits keiner besonderen Empfehlung. Der rasche Abgang der ersten Auflage, die innerhalb Jahresfrist vergriffen war, zahlreiche anerkennende Zuschriften kompetenter Fachgenossen und die übereinstimmend günstige Beurteilung in wissenschaftlichen Fachzeitschriften, liefern den Beweis, dass das Buch ein in Deutschland allerorts empfundenes Bedürfnis befriedigte.

Im Vorjahre ist eine vorzügliche Übersetzung der teilweise schon ergänzten ersten Auflage ins Italienische von Prof. Dr. Manfredi erschienen, welche sich in Italien gleichfalls der allgemeinen Benützung durch die Fachgenossen erfreut.

Wir wissen sehr wohl, dass die Anerkennung, welche das kurzgefasste, aber doch alle wichtigeren Kapitel der

experimentellen Hygiene umfassende Buch gefunden hat, nicht uns, sondern unserem hochverehrten Lehrer, dem Begründer der experimentellen Hygiene, Max von Pettenkofer gebührt, dem wir die Auswahl der in dieser „Anleitung" beschriebenen Methoden, die Anregung zur Durcharbeitung und Prüfung, sowie zur Veröffentlichung derselben zu danken haben.

Die zweite Auflage ist wesentlich vermehrt, und teilt von den neu veröffentlichten Methoden jene mit, welche nach eigener Prüfung sich als Fortschritt oder als Vereinfachung erwiesen, dabei wurde stets auf ausführlichere neuere Werke oder die Originalveröffentlichung verwiesen.

Auch denjenigen Herren, welche uns in so wohlwollender Weise durch Verbesserungsvorschläge unterstützten, sprechen wir hiemit unsern Dank aus.

München, Mai 1892.

Rudolf Emmerich. Heinrich Trillich.

Inhaltsübersicht.

I.

Meteorologische Untersuchungs-methoden.

Da es eine Aufgabe der Hygiene ist, die Einwirkungen äusserer Einflüsse auf die Funktionen des menschlichen Organismus zu erforschen und denselben vor ungünstigen Einwirkungen unserer Umgebung zu schützen, so gehören meteorologische Beobachtungen zu den wichtigsten hygienischen Untersuchungen.

Die meisten meteorologischen Erscheinungen haben auf den einzelnen Menschen direkt und unausgesetzt einen grossen Einfluss (Hitze, Kälte, Regen, Trockenheit etc.) und sie können nicht blos Unannehmlichkeiten, sondern auch ernstere Gefahren und tödtliche Einflüsse veranlassen. So sind es z. B. bestimmte, noch nicht genügend erforschte Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen der Luft, durch welche der Hitzschlag zu stande kommt.

Diese Temperatur- und Feuchtigkeitsgrade könnten leicht ermittelt werden. Ist dies einmal geschehen, dann könnte der Truppenarzt durch Messung der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft auf dem Marsche die drohende Gefahr im Voraus erkennen und die Mittel zur Vorbeugung von Unglücksfällen veranlassen.

Meteorologische Verhältnisse können auch indirekt einen Einfluss auf grosse Menschenkomplexe ausüben, indem sie z. B. die Entstehung und Verbreitung von Epidemieen begünstigen oder beeinträchtigen.

v. Pettenkofer hat nachgewiesen, dass Typhus- und Choleraepidemieen in hohem Grade durch den Regen beeinflusst werden.

In Calcutta z. B. sind die Choleraepidemieen in der regenlosen Zeit am heftigsten und die Regenzeit bringt die Epidemie zum Verschwinden. Das Regenmaximum coincidiert sehr regelmässig mit der geringsten Cholerafrequenz.

Miquel in Montsouris bei Paris hat durch tägliche Zählungen nachgewiesen, dass die Zahl der in der Luft befindlichen Pilze und Bakterien hauptsächlich vom Regen abhängt, und zwar sind bei trockenem Wetter viel, bei länger dauerndem Regen wenig Bakterien in der Luft. Dies gilt natürlich ebenso für unschädliche, als für pathogene Bakterien.

Die schädlichen und günstigen Wirkungen, welche das „Klima" eines Ortes auf den Menschen ausübt, interessieren den Arzt und Hygieniker in hohem Grade.

Aber das Klima eines Ortes kann nur durch meteorologische Untersuchungen erforscht und definiert werden.

Verschiedene meteorologische Instrumente, wie z. B. Thermometer, Barometer etc., finden durch den Hygieniker tagtäglich, wenn auch nicht zu meteorologischen, so doch zu anderweitigen wissenschaftlichen Untersuchungen eine Anwendung, welche die vollkommene Kenntnis derselben voraussetzt.

I.

Beobachtung der Temperatur.

1. Thermometer.

Thermometer Apparate zur Bestimmung der Temperatur eines Körpers heissen Thermometer (Wärmemesser).

Alle Körper dehnen sich beim Erwärmen aus, vergrössern ihr Volumen und ziehen sich umgekehrt beim Abkühlen zusammen.

Diese Ausdehnung ist für jeden Körper verschieden, sie ist am grössten bei Gasen, am geringsten bei festen Körpern.

Jene Grösse, um welche sich ein Körper bei einer Erwärmung um 1 Grad des Celsiusschen Thermometers ausdehnt, nennt man den Ausdehnungskoëfficienten dieses Körpers.

Ausdehnungskoëfficient

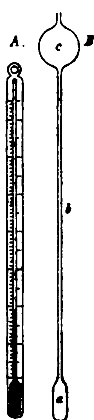
Die Flüssigkeiten dehnen sich unregelmässig aus, d. h. ihr Ausdehnungskoëfficient ist für jeden Temperaturgrad ein anderer: Wasser und Weingeist dehnen sich bei hoher Temperatur stärker aus, als bei niederer. Eine Ausnahme hievon macht für jene Temperaturen, mit welchen wir es, abgesehen von den hochnordischen Kontinenten, zu thun haben, das Quecksilber und dieses wird daher am häufigsten als thermometrische Substanz angewendet.

Der Ausdehnungskoëfficient des Quecksilbers ist konstant zwischen — 35° C und + 360° C bei 760 mm Druck und beträgt 0.00018, d. h.

eine Quecksilbersäule von 1 m Höhe bei 0° C hat um 1° C erwärmt eine Höhe von 1 + 0.00018 m, oder um 100° C erwärmt eine Höhe von

$$1 + 100 \times 0.00018 \text{ m} = 1.018 \text{ m}.$$

Fig. 1.



Das

Quecksilberthermometer

Quecksilberthermometer

besteht aus einem cylindrischen oder kugelförmigen Quecksilbergefäss *a* (Fig. 1), das in ein langes überall gleich weites Kapillarrohr *b* ausgezogen ist.

Um diese Röhre mit Quecksilber zu füllen, wird am zweiten Ende der Kapillare *b* ebenfalls eine Kugel *c* angeblasen, die in eine offene Spitze ausgeht. Man erwärmt die beiden Kugeln und treibt die Luft darin theilweise aus. Dann taucht man die offene Spitze der Kugel *c* rasch in Quecksilber, dieses steigt in der erkaltenden Kugel *c* auf und füllt dieselbe bis zu einem gewissen Grade.

Kehrt man nun die Kugel *c* nach oben, so gelangt Quecksilber in die Kugel *a* nach unten. Um die Luft aus *a* und *b* ganz auszutreiben, wird das Quecksilber in *a* zum Kochen erhitzt. Nach dem Erkalten füllt sich *a* ganz mit Quecksilber.

Es ist nun noch das überschüssige Quecksilber in *c* zu entfernen, was dadurch geschieht, dass man die nach unten gehaltene Kugel *c* erwärmt. Die Kugel *a* wird dann erwärmt, bis das Quecksilber die Kapillare *b* bis zu einer gewünschten Höhe ausfüllt, worauf die Kapillare an diesem Punkte abgeschmolzen wird. Die Dimensionen des Instrumentes müssen ausprobiert werden, eine Hauptsache ist, dass die Kapillare überall gleich weit ist. (Näheres siehe Wüllner, Physik. III. Bd. 7.)

Das Thermometer besteht somit aus einer mit Quecksilber angefüllten Glaskugel (*a*) und einer mit Quecksilber teilweise gefüllten, im übrigen luftleeren Kapillare (*b*) und zeigt die Verschiedenheiten der Wärme durch einen verschieden hohen Stand des Quecksilbers in der Kapillare an.

Durch die Erwärmung dehnt sich auch das Glas aus, wenn auch in bedeutend geringerem Grade. Wir messen somit eigentlich den durch Temperaturveränderung bedingten Unterschied in der Ausdehnung des Glases und des darin eingeschlossenen Quecksilbers.

[Fun]damental-punkte Zur Vergleichung der Temperaturgrade braucht man aber gewisse Fix- oder Fundamentalpunkte und als solche sind angenommen

1. der Gefrierpunkt des Wassers,
2. der Siedepunkt des Wassers bei 760 mm Luftdruck.

[Fun]damental-abstand Der zwischen beiden Punkten liegende Fundamentalabstand wird jetzt nach des Schweden Celsius Vorschlag in 100 Teile oder Grade geteilt, die auf einer Skala von Papier, Glas oder Milchglas aufgetragen sind und über beide Fundamentalpunkte hinaus verlängert werden können.

Da die fertigen Thermometer nun nicht richtig hergestellt sein oder sich irgendwie verändert haben können, so ist es nothwendig, jedes Instrument vor der Ingebrauch-

nahme, sowie jährlich mindestens einmal auf seine Richtigkeit zu prüfen.

Die meisten Glassorten zeigen beim längeren Lagern eine mitunter starke Molekularverschiebung, die sich durch Zusammenziehung ausdrückt. Alle Thermometer haben dementsprechend den Nachtheil, dass sie mit der Zeit Veränderungen erfahren, welche Unrichtigkeiten der Gradangaben bedingen. Diese Veränderungen sind zweierlei Art: 1. dauernde und 2. vorübergehende Aenderungen. Die ersteren, die dauernden Veränderungen, treten bei neuen Thermometern ein, bei welchen der Eispunkt in Folge der allmählich (durch den Luftdruck) eintretenden Zusammenziehung des Gefässes in die Höhe rückt und erst nach längerer Zeit zur Ruhe gelangt. Dasselbe findet statt durch Erhitzen des Glases, und diese Erhebungen des Nullpunktes erreichen besonders dann eine erstaunliche Grösse, wenn das Thermometer einige Stunden auf 400 bis 450 Grad erhitzt wird. Person fand bei Krystallglasthermometern, welche mehrere Stunden in geschmolzenem Kalisalpeter auf 450 Grad erhitzt wurden, Eispunkterhebungen von 12 bis 17 Grad.

Beim Jenaer Normalglas, welches gegenwärtig zu den besseren Thermometern in Deutschland verwendet wird, sind diese Erhebungen des Eispunktes nach starker Erhitzung am geringsten (mindestens 3 mal geringer als bei den besten anderen Glassorten). Die Thermometer aus Jenaer Normalglas sind durch einen rothen Längsstrich an der Röhre kenntlich gemacht. Dieselben zeigen weiterhin den Vortheil, dass eine 24stündige Erhitzung auf 300 Grad, vor Herstellung der Scala, genügt, um den Eispunkt unveränderlich zu machen resp. die Veränderung auf unerhebliche Grössen einzuschränken.

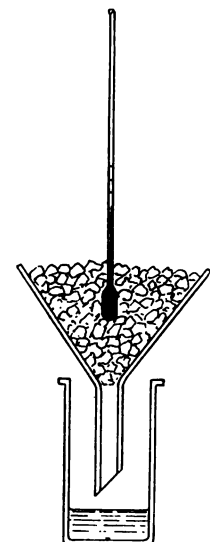
Die vorübergehenden Aenderungen der Thermometer treten nach kürzeren Erwärmungen, z. B. nach Siedepunktbestimmungen ein und bestehen in einer zeitweiligen Erniedrigung oder „Depression" der thermometrischen Angaben. Da diese beiden Veränderungen der thermometrischen Angaben, die dauernden und veränderlichen, in der Regel am Eispunkt des Thermometers (d. h. durch die Bestimmung des Eispunktes) gemessen werden, so spricht man vom „Anstieg" (oder „Erhebung") und von der „Depression" des Eispunktes.

Auch die „Depressionen" des Eispunktes sind beim Jenaer Normalglas am geringsten, nämlich nach Erwärmungen auf 100° höchstens 0,06°, während sie bei Thermometern aus anderem Glas 0,6° und darüber betragen. Diese vorübergehenden Veränderungen (Depression des Eispunktes) sind somit sehr klein

(gegenüber den durch mehrstündige Erhitzung erzeugten bleibenden Eispunkterhebungen) und sie verschwinden zum grösseren Teil schon nach Tagen, vollständig aber meist erst nach Monaten

Die Prüfung der Richtigkeit eines Thermometers geschieht durch die Prüfung des Null- und des Siedepunktes, sowie einiger Punkte des Fundamentalabstandes.

Fig. 2



ıllpunkt

1. Prüfung des Nullpunktes.

Die Kontrollirung des Eispunktes geschieht in schmelzendem Eis oder in Schnee und zwar im Winter in geheiztem Raume. Eis und Schnee müssen völlig rein sein, beim Eis sind insbesondere Verunreinigungen durch Salz zu vermeiden, wie sie bei dem von Fleischern oder Zuckerbäckern entnommenen Eis vorkommen; der Schnee darf nur mittleren Schichten einer frisch gefallenen Schneelage entnommen werden. Eis oder Schnee werden (ersteres kleingeschabt oder fein zerstossen) in einen grossen Glastrichter von etwa 20 cm Radius gebracht, so dass das Schmelzwasser ablaufen kann. Das Thermometer wird bis über den Eispunkt hinaus in das Eis dicht eingebettet und nach ¼ Stunde der Stand der Quecksilbersäule durch ein in das Eisbett eingebohrtes Schauloch hindurch abgelesen. Fällt der Stand des Quecksilbers mit dem Nullpunkt zusammen, so ist der letztere richtig — andernfalls muss die Differenz als Korrektur des Nullpunktes notirt werden.

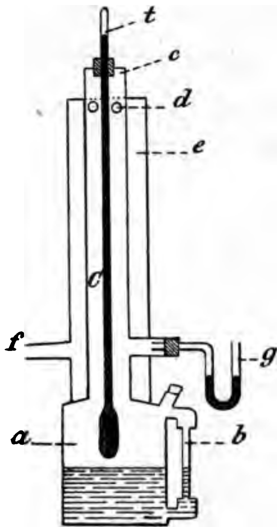
2. Prüfung des Siedepunktes.

depunkt

Man bringt das Thermometer in einen Dampfentwicklungsapparat, ein sog. Hypsometer, in dem es ganz von strömendem Dampf umgeben ist, so dass nur der

dem Siedepunkt zunächst liegende Scalenteil (bei Celsiusthermometern 95—100°) aus dem Apparat heraussieht.

Fig. 3.



Dieser Dampfentwickler besteht aus einem Siedegefäss (*a*) mit Wasserstandszeiger (*b*), in dem Wasser zum Kochen gebracht wird, und einem darauf gesetzten Cylinder (*c*) für das Quecksilberthermometer (*t*). Dieser Cylinder ist mit einem Dampfmantel (*e*) umgeben, um jede Abkühlung von aussen her zu verhindern. Der in *a* entwickelte Dampf strömt in *c* in die Höhe, dann durch die Öffnungen *d* in den Dampfmantel *e* und verlässt diesen bei *f*. Ausserdem ist ein Manometer (*g*) angebracht, um eine Überhitzung zu vermeiden. Die Kugel des Thermometers darf nicht in das Wasser tauchen, da siedendes Wasser keine konstante Temperatur hat, sondern muss frei im strömenden Dampf hängen.

Einfluss des Luftdrucks

Man kocht 10 Minuten und notiert dann den Stand des Thermometers. Es ist nun zu berücksichtigen, dass der Siedepunkt des Wassers abhängig ist vom Luftdruck. Z. B. wird ein richtiges Celsiusthermometer nur dann genau 100° zeigen, wenn der bei 0° Temperatur gemessene Luftdruck 760 mm ist.

Es muss also auch Barometerstand und Temperatur am Barometer abgelesen werden, worauf man den Barometerstand nach der auf Seite 25 angegebenen Weise auf 0° reduziert.

Man entnimmt nun aus Tabelle I den normalen Siedepunkt für den reduzierten Barometerstand — stimmt derselbe mit dem beobachteten Siedepunkt überein, so

ist letzterer richtig — andernfalls ist die Differenz als Korrektion des Siedepunktes zu notieren.

Beispiel: Ein Laboratoriumsthermometer zeigte den Siedepunkt 98.2° C; der Barometerstand war 713 mm, die Temperatur des am Barometer befindlichen Thermometers + 15° C.

Der auf 0° reduzierte Barometerstand ist (nach S. 25)

$$b_0 = 713 - 713 \times 0.00018 \times 15$$
$$= 713 - 1.9$$
$$= 711.1 \text{ mm.}$$

Nach Tabelle I ist die Siedetemperatur

bei 711 mm 98.15°,

bei 712 mm 98.19°,

also bei 711.1 mm = 98.15 + 1 × 0.004 = 98.154° C.

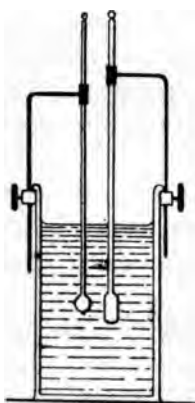
Da unser Thermometer 98.20° C zeigt, so zeigt es 0.05° C zu hoch, die Korrektur für den Siedepunkt ist also — 0.05°.

3. Prüfung der Punkte des Fundamentalabstandes.

damental-abstand

Die Prüfung der Richtigkeit der Grade zwischen Null- und Siedepunkt geschieht durch Vergleichung mit einem Normalthermometer. Von den letzteren sind die aus Jenaer Normalglas sehr empfehlenswert.

Fig. 4.



Man bringt die beiden Thermometer in ein ca. 10 l haltendes Holzgefäss mit Wasser und zwar so, dass die Kugeln in gleicher Höhe und von Boden und Wandungen mindestens 10 cm weit entfernt sind, mischt das Wasser durch Einblasen von Luft mittelst eines Schlauches gut durch und beobachtet nach 10 Minuten den Stand beider Thermometer (Fig. 4).

Dann giesst man warmes Wasser zu, mischt gut durch und beobachtet wieder nach 10 Minuten u. s. f.

Tabelle I.

Siedepunkte des Wassers
bei verschiedenen Barometerständen (nach Regnault.)

mm	° Cels.	mm	° Cels.	mm.	° Cels.	mm	° Cels.
580	92.62	677	96.80	710	98.11	742	99.33
585	84	8	84	1	15	3	37
590	93.07	9	88	2	19	4	41
595	30	680	92	3	22	5	44
600	52	1	96	4	26	6	48
605	75	2	97.00	5	30	7	52
610	97	3	04	6	34	8	56
615	94.19	4	08	7	38	9	59
620	41	5	12	8	42	750	63
625	62	6	16	9	46	1	67
630	84	7	20	720	50	2	71
635	95.05	8	24	1	53	3	74
640	27	9	28	2	57	4	78
645	48	690	32	3	61	5	82
650	69	1	36	4	65	6	85
655	90	2	40	5	69	7	89
660	96.10	3	44	6	73	8	93
1	14	4	48	7	76	9	96
2	19	5	52	8	80	760	100.00
3	23	6	56	9	84	1	04
4	27	7	60	730	88	2	07
5	31	8	64	1	92	3	11
6	35	9	68	2	95	4	15
7	39	700	72	3	99	5	18
8	43	1	76	4	99.03	6	22
9	47	2	79	5	07	7	26
670	51	3	83	6	11	8	29
1	55	4	87	7	14	9	33
2	59	5	91	8	18	770	37
3	64	6	95	9	22	775	55
4	68	7	99	740	26	780	73
5	72	8	98.03	1	29		
6	76	9	07				

Korrektionstabelle

Das Ablesen geschieht am besten mittelst Kathetometer. Die Ablesungen notiert man dann und berechnet daraus, falls sich Abweichungen zeigen, eine Korrektionstabelle.

Falls sich zwischen 2 Punkten Abweichungen in den Angaben zeigen, macht man entweder eine dritte Beobachtung zwischen beiden Punkten oder man verfährt folgendermassen:

Man habe z. B. gefunden, dass das zu prüfende Thermometer bei 10° vom Normalthermometer um + 0.1° abweicht, bei 20° aber um + 0.4°.

Zweifellos verändert das Thermometer somit zwischen 10° und 20° seine Angaben.

Man nimmt an, die Grösse der Änderung verteile sich gleichmässig über den ganzen Zwischenraum. Von 10° bis 20° ändert sich die Korrektur von 0.1° auf 0.4°, also um $^4/_{10}$. Es werden nun im Zwischenraum von 10° bis 20° Punkte liegen, bei denen die Korrektur 0.2° und 0.3° beträgt. Man findet diese Punkte rechnerisch, indem man den Abstand von 10° bis 20° in 4 Teile, entsprechend der Änderung um $^4/_{10}$ teilt, also: 10 : 4 = 2.5°; nach je 2.5° ändert sich die Korrektur um 0.1°.

Die Korrektur 0.1° reicht von 10° bis 10° + 2.5° = 12.5°,
" " 0.2° " " 12.6° " 12.5° + 2.5° = 15.0°,
" " 0.3° " " 15.1° " 15.0° + 2.5° = 17.5°,
" " 0.4° " " 17.6° " 20°.

Zu solchen Korrekturen dürfen aber so weit abliegende Temperaturdifferenzen, wie von 10° bis 20° nicht benutzt werden, in diesem Falle müsste vielmehr eine Ablesung mindestens bei 15° oder je nach dem Zwecke von Grad zu Grad eingeschoben werden.

Beispiel: Es wurden die folgenden Ablesungen gemacht:

Normal-	zu kontrollierendes	Korrektur
Thermometer		
0	0	$\pm 0.$
5.7	5.6	$+0.1$
10.4	10	$+0.4$
15.4	15.2	$+0.2$
21.5	21.3	$+0.2$
26.1	26	$+0.1$
29.8	30	-0.2

Bei 0° zeigen beide Thermometer gleich, also ist die Korrektur $\pm$ 0.

Bei 5.6° des zu kontrollierenden Thermometers zeigte das Normalthermometer 5.7°, man muss daher zur Anzeige des zu kontrollierenden Thermometers 0.1° hinzuzählen, um die richtige Temperatur zu erhalten, also Korrektur für 5° C. + 0.1° u. s. w.

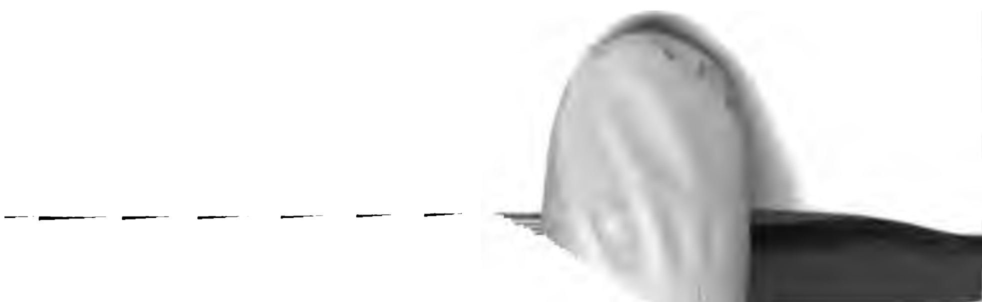
Man erhält die Korrektionstabelle durch folgende Rechnungen:

von	0°	bis	$\frac{0+5.6}{2} = 2.8°$		die Korrektur	$\pm 0.$
„	2.9°	„	5.6°		„ „	$+0.1$ ⎫
„	5.7°	„	$\left(5.6+\frac{10-5.6}{4}\right)$	= 6.7°	„ „	$+0.1$ ⎭
„	6.8°	„	(6.7 + 1.1)	= 7.8°	„ „	$+0.2$
„	7.9°	„	(7.8 + 1.1)	= 8.9°	„ „	$+0.3$
„	9.0°	„	10		„ „	$+0.4$ ⎫
„	10.1°	„	$\left(10+\frac{15.2-10}{3}\right)$	= 11.7	„ „	$+0.4$ ⎭
„	11.8°	„	(11.7 + 1.7) . . .	= 13.4	„ „	$+0.3$
„	13.5°	„	15.2		„ „	$+0.2$ ⎫
„	15.3°	„	21.3		„ „	$+0.2$ ⎬
„	21.4°	„	$\left(21.3+\frac{26-21.3}{2}\right)$	= 23.6	„ „	$+0.2$ ⎭
„	23.7°	„	26		„ „	$+0.1$ ⎫
„	26.1°	„	$\left(26+\frac{30-26}{4}\right)$	= 27	„ „	$+0.1$ ⎭
„	27.1°	„	(27 + 1)	= 28	„ „	± 0
„	28.1°	„	(28 + 1)	= 29	„ „	-0.1
„	29.1°	„	30°		„ „	-0.2

Grad geschieht am zweckmässigsten in
.scher Flüssigkeiten (Methylalkohol, Amyl-
ie von destilliertem Wasser. Man benützt
on Pomplun*) angegebenen Apparat,
et, durch Veränderung des Druckes, unter
eden erfolgt, eine Erhöhung und Ernied-
lepunktes genannter Flüssigkeiten herbei-

ch zu bemerken, dass die Vergleichung
mometer mindestens zwei getrennte Reihen
ı erfordert. Jede Reihe ist mit einer Ab-
malthermometer zu beginnen und ebenso
Weichen diese beiden Ablesungen um
s 0.1 Grad von einander ab, so gilt ihr
ert für die Ermittelung der Fehler des
ıden Thermometers; erreicht die Abweich-
sseren Betrag, so ist die Ablesungsreihe
Bei der zweiten Ablesungsreihe geschehen
ı in umgekehrter Reihenfolge.
die Ergebnisse beider Reihen um nicht
rad von einander ab, so sind sie zu Mittel-

f. Instrumentenkunde 1891 Januar.



am zweckmässigsten ir
en (Methylalkohol, Amyl-
em Wasser. Man benützt
angegebenen Apparat
ung des Druckes, unter
Erhöhung und Ernied-
r Flüssigkeiten herbei-

lass die Vergleichung
zwei getrennte Reihen
ihe ist mit einer Ab-
beginnen und ebenso
en Ablesungen um
der ab, so gilt ihr
ng der Fehler des
eicht die Abweich-
ie Ablesungsreihe
gsreihe geschehen
folge.
eihen um nicht
nd sie zu Mittel-

nar.

die Prüfung gegen einer

Für Temperaturen
— 20⁰ fallende, verwe
thermometer, welche
silberthermometer besitz
aber mit Anilinfarben (I
Weingeist enthalten.

Zur Messung von
man gewöhnlich die gle
Quecksilberthermometers
nügender Genauigkeit b

Da bei grösserer
luftleeren Kapillarröhren
man zur Messung von
450⁰ Quecksilberthermo
röhre über dem Queck
wodurch bewirkt wird,
das Quecksilber im Ther
Drucke steht. Solche Th
durch länger andauern
eine Mischung von Ka
Teilen verwendet) gegen

Die Skala muss des möglichen Erweichens wegen nicht aus Milchglas, sondern aus Spiegelglas hergestellt sein.*)

Luftthermometer (Pyrometer) Zur Messung noch höherer Temperaturgrade dienen die Pyrometer und als genaueste Instrumente die Luftthermometer.

Die Pyrometer lassen sich als Thermometer bezeichnen, deren thermometrische Substanz ein fester Körper ist — eine Metall- oder Graphitstange, deren durch Temperaturänderung bewirkte Längenveränderung auf ein Zeigerwerk übertragen wird.

Die Skala selbst wird durch Vergleich mit den Angaben eines Luftthermometers ermittelt. Die Luftthermometer endlich enthalten als thermometrische Substanz Luft, deren bedeutende und ganz gleichmässige Volumänderung bei Temperaturänderung mit grösster Genauigkeit gemessen wird.

Vergleich von Thermometern verschiedener Einteilung.

Thermometer verschiedener Einteilung Die Einteilung des Fundamentalabstandes in 100 Grade, wie sie für wissenschaftliche Zwecke am bequemsten ist, ist nicht die einzige; Réaumur hat denselben Abstand in 80 Grade geteilt, während Fahrenheit als Nullpunkt 32° unter dem Eispunkt wählte (als tiefste im Jahre 1709 in Danzig beobachtete Temperatur, — 17,78° C) und den Siedepunkt mit 212° bezeichnete, so dass der Fundamentalabstand in 180 Grade geteilt ist.

Es sind somit

$$n^0\,C = \frac{4}{5}\,n^0\,R = \left(\frac{9}{5}\,n + 32\right)^0 F.$$

$$n^0\,R = \frac{5}{4}\,n^0\,C = \left(\frac{9}{4}\,n + 32\right)^0 F.$$

$$n^0\,F = \frac{4}{9}\left(n - 32\right)^0 R = \frac{5}{9}\left(n - 32\right)^0 C.$$

*) H. F. Wiebe: Verwendung der Quecksilberthermometer in hohen Temperaturen. Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1890. Juni.

⁰C	⁰R	⁰F	⁰C	⁰R	⁰F
— 25	— 20	— 13	+ 40	+ 32	+ 104
— 20	— 16	— 4	45	36	113
— 17.78	— 14.22	0	50	40	122
— 15	— 12	+ 5	55	44	131
— 10	— 8	+ 24	60	48	140
— 5	— 4	+ 23	65	52	149
0	0	32	70	56	158
+ 5	+ 4	41	75	60	167
+ 10	8	50	80	64	176
+ 15	12	59	85	68	185
+ 20	16	68	90	72	194
+ 25	20	77	95	76	203
+ 30	24	86	100	80	212
+ 35	28	95			

2. Thermometrographen.

Zur Beobachtung der Temperatur während längerer Zeitabschnitte hat man sog. Thermometrographen konstruiert. Dieselben beruhen entweder auf mechanischer oder elektrischer Registrierung (selbstregistrierende Thermometer) und geben dann den Gang der Temperatur als Kurve an, oder sie bestehen aus einem sog. Maximum- und einem Minimumthermometer und geben dann nur die im Beobachtungszeitraum erreichte höchste und niederste Temperatur an.

Thermometrographen

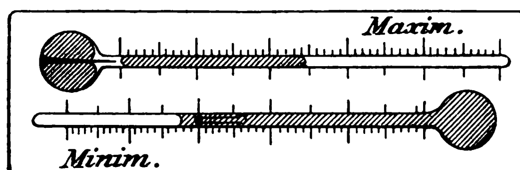
Selbstregistr. Thermometer

Maximum-, Minimum-thermometer

Von den Instrumenten der letzteren Art sind verschiedene Konstruktionen angegeben, so von R u t h e r f o r d, R a p p u. s. w., in Gebrauch für meteorologische Zwecke sind jedoch nur folgende:

1. Thermometrograph von Greiner in München.*)

Fig. 5.



*) Preis 24 ℳ

Greiner's Thermometrograph

Das Maximumthermometer ist ein absolut horizontal hängendes Quecksilberthermometer, in dessen Kugel ein feiner Glasstift eingeschmolzen ist, der bis in die Kapillare hineinreicht. Derselbe gestattet das Ausfliessen des Quecksilbers, nicht aber dessen Zurückgehen — der Faden reisst bei sinkender Temperatur ab und bleibt in voller Länge in der Kapillare liegen. Man liest daher die Maximaltemperatur am äussersten Ende des Quecksilberfadens wie gewöhnlich ab.

Das Minimumthermometer muss ebenfalls absolut horizontal hängen und besitzt die Konstruktion von Rutherford. In der Kapillare liegt nämlich ein Glasschwimmerchen mit nach aussen gewölbter Kuppe — bei steigender Temperatur fliesst der Weingeist über das Schwimmerchen hinweg — bei fallender hingegen zieht die nach innen gewölbte Kuppe des Weingeists das Schwimmerchen infolge von Kapillarattraktion mit zurück und der Schwimmer bleibt bei der tiefsten Temperatur liegen. Man liest daher an dem schwarzen Köpfchen des Schwimmers die Minimaltemperatur ab.

Einstellung

Um das Maximumthermometer für die kommende Beobachtungsperiode in stand zu setzen, nimmt man es ab und stosst es, die Kugel nach unten, auf die hohle Hand auf — dadurch findet eine Vereinigung des abgerissenen Fadens mit dem Quecksilber in der Kugel wieder statt.

Zur Einstellung des Minimumthermometers neigt man dasselbe, die Kugel nach oben, dadurch fällt das Schwimmerchen bis auf die Kuppe des Weingeists herab.

Beide Instrumente sind dann wieder genau horizontal aufzuhängen.

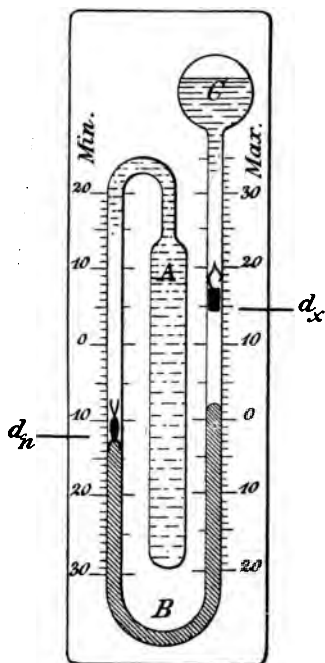
2. Thermometrograph von Six und Bellani.*)

Six u. Bellanis Thermometrograph

Bei diesem Instrumente sind Maximum- und Minimumthermometer in einem Apparat vereinigt und zwar wirkt als thermometrische Substanz in beiden Fällen Weingeist,

*) Preis 18 M.

Fig. 6.



aber als Transporteur der Schwimmer Quecksilber.

Der Thermometrograph (Fig. 6) besteht aus einem U-Rohr (*B*), an das einerseits ein Glascylinder (*A*), anderseits eine geschlossene Glaskugel (C) sich anschliesst.

Die Skala befindet sich an den beiden Schenkeln des U-Rohres, das bis zum Nullpunkt der beiden Skalen mit Quecksilber gefüllt ist. Glascylinder (*A*) und der anschliessende Teil des U-Rohres sind völlig mit Weingeist gefüllt, die Glaskugel (*C*) hingegen nur teilweise.

Bei 0° C ist der Stand des Quecksilbers in beiden Schenkeln des U-Rohres völlig gleich. Auf den beiden Kuppen des Quecksilbers liegen federnde Stahlstäbchen (*d*), welche mit ihrer Marke am untern Teile der Indexstäbchen die Temperatur angeben und an der Stelle stehen bleiben, an welche sie vom Quecksilber hingeschoben werden. (d_x für Maximal-, d_n für Minimaltemperatur.) Steigt die Temperatur, so dehnt sich der Weingeist in *A* aus, der Alkoholdampf in *C* kondensiert sich und das Quecksilber steigt im Maximalschenkel des U-Rohrs, das Stahlstäbchen mit fortschiebend.

Fällt die Temperatur wieder, so zieht sich der Weingeist in *A* zusammen, das Quecksilber steigt daher im Minimalschenkel des U-Rohrs wieder zurück, und fällt ebensoviel im Maximalschenkel; das Schwimmerchen im Maximalschenkel bleibt aber infolge der Federung am

höchsten erreichten Stand stehen. Dasselbe Spiel findet umgekehrt im Minimalschenkel statt. Man liest also den Stand der Marken der Schwimmer in beiden Schenkeln des U-Rohrs als Maximal- und Minimaltemperatur ab.

Zur Einstellung der Schwimmer auf die Quecksilberkuppen dient ein Magnet.

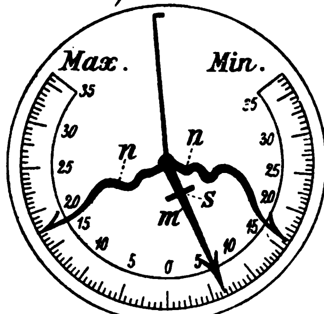
3. Metall-Thermometer und Metall-Thermometrographen.

Metallthermometer

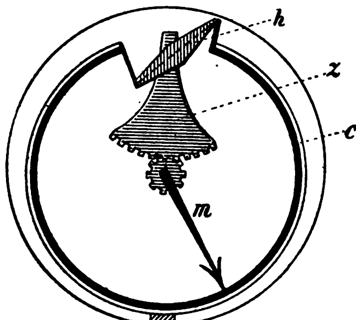
Die Eigenschaft, sich beim Erwärmen auszudehnen, besitzen auch feste Körper. Werden zwei Streifen von Metallen mit ungleichen Ausdehnungskoëfficienten aufeinander gewalzt, so wird bei Temperaturänderungen eine Krümmung des Streifens eintreten, die dann mittelst Hebel und Zahnrad auf einen Zeiger übertragen und auf einer Skala scharf sichtbar gemacht werden kann.

Fig. 7.

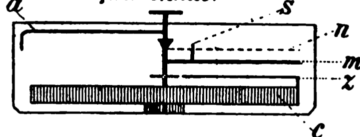
Aeußere Ansicht.



Innere Ansicht.



Querschnitt.



Kompensationsstreifen

Derartige Metallstreifen nennt man Kompensationsstreifen; ein damit konstruiertes Thermometer Metallthermometer. Bei den Instrumenten von Hermann & Pfister*) (Fig. 7) trägt der Zeiger *m*, welcher die momentane Temperatur angiebt, einen senkrecht stehenden Stift *s*.

*) Bezugsquelle: Hermann & Pfister, Bern. Pr. 32—60 Frcs.

Knapp über dem Momentzeiger befinden sich an derselben Axe lose befestigt zwei sog. Nebenzeiger *nn*, deren einen der Momentzeiger nur nach rechts (Maximum), den andern nur nach links (Minimum) vor sich herschieben kann, und die an dem erreichten Stande stehen bleiben, mithin die Maximal- und Minimaltemperatur angeben. Um das Instrument wieder einzustellen, ist ein von aussen beweglicher Stift *a* angebracht (Hebelwerk und Zeiger befinden sich unter Glas), mittelst dessen die beiden losen Nebenzeiger auf den Momentzeiger eingestellt werden.

In Fig. 7 bedeutet ferner *c* den Kompensationsstreifen, *h* den Hebel, *z* die Zahnradübersetzung.

Die Graduirung dieser Instrumente erfolgt durch Vergleich mit einem Normalthermometer.

Metallthermometer eignen sich nur für Beobachtungen in geschlossenen Räumen, nicht aber in der freien Luft, da die Metallteile der Instrumente mit der Zeit angegriffen werden.

Thermometergehäuse

Aufhängung der Thermometer und Thermometrographen.

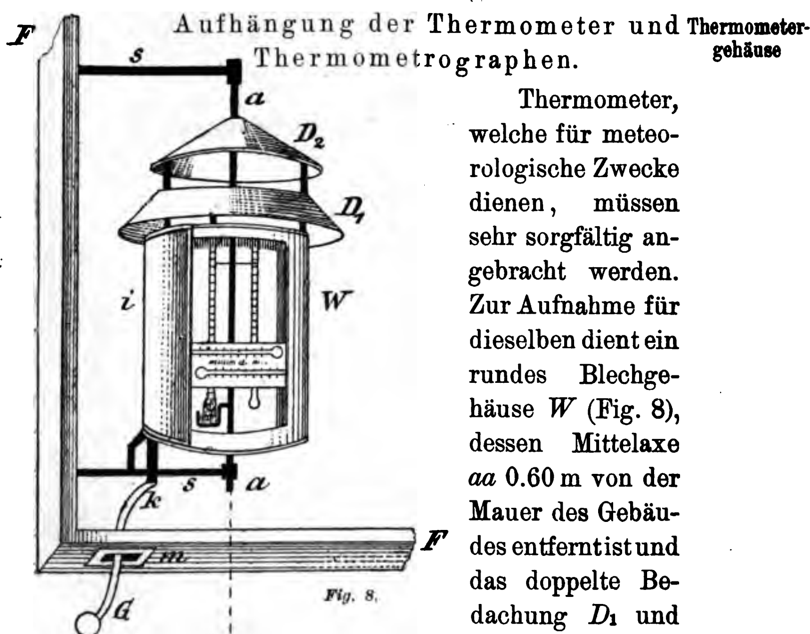


Fig. 8.

Thermometer, welche für meteorologische Zwecke dienen, müssen sehr sorgfältig angebracht werden. Zur Aufnahme für dieselben dient ein rundes Blechgehäuse *W* (Fig. 8), dessen Mittelaxe *aa* 0.60 m von der Mauer des Gebäudes entfernt ist und das doppelte Bedachung D_1 und

D_2 besitzt und behufs Ablesung mittelst Hebel G an ein Fenster F gezogen werden kann, wobei es sich selbstthätig öffnet. Die in der Zeichnung offene Seite ist nämlich bei anderer Stellung durch den Flügel i geschlossen und öffnet sich durch die Zugstange K beim Heranziehen des Häuschens. Um bei geschlossenem Fenster ablesen zu können, ist die Zugstange G durch eine Öffnung m im Fensterrahmen F handhabbar.

Dieses Gehäuse muss so angebracht sein, dass es nie direkt von der Sonne getroffen wird, keinen starken Reflexen von Gebäuden unterworfen und ganz frei dem Luftzuge ausgesetzt ist.

In diesem Gehäuse *) werden die Thermometer angebracht und die Thermometrographen genau horizontal aufgehängt; ausserdem ist auch das später zu besprechende Psychrometer von August hierin aufzustellen.

II.

Messung des Luftdrucks.

Barometer.

Barometer

Instrumente, mit denen die Grösse des Luftdrucks gemessen wird, heissen Barometer.

Die atmosphärische Luft übt bei 0° C am Spiegel des Meeres durchschnittlich einen Druck von 1 Atmosphäre = 1.0328 kg auf jeden qcm aus und hält darum einer Quecksilbersäule von 760 mm Höhe das Gleichgewicht. (760 × spec. Gew. d. Quecksilbers = 13.59 g = 1.0328 kg).

Füllt man in der Höhenlage des Meeresniveaus eine 80 cm lange, unten zugeschmolzene starke Glasröhre mit reinem Quecksilber und dreht sie unter Quecksilber so um, dass keine Luft eintreten kann, so fällt das Quecksilber bis auf eine Höhe von

*) Preis 30 ℳ. J. Greiner. München.

etwa 760 mm, und darüber entsteht ein luftleerer Raum, das Vacuum. (Toricelli's Versuch.)

Je nachdem nun der Druck der Luft geringer oder grösser wird, fällt oder steigt das Quecksilber — die Schwankungen der Quecksilbersäule sind somit ein Massstab für die Schwankungen des Luftdrucks.

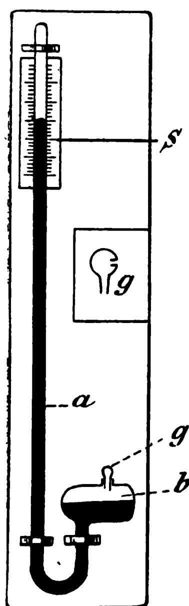
Als Einteilung für Barometerskalen nimmt man jetzt allgemein mm (früher Pariser Zoll und Linien etc.) und drückt somit den Luftdruck in mm Quecksilbersäule aus, welcher er das Gleichgewicht hält.

Die gebräuchlichen Barometer sind folgende:

1. Birnbarometer.

Bei diesen Instrumenten sind Barometerrohr *a* und Skala *s* fest (Fig. 9), als Vorratsgefäss dient ein birnförmiges Gefäss *b*, das mit einem seitlich durchbohrten Glasstöpsel *g* verschlossen wird. **Birnbarometer**

Fig. 9.



Diese Instrumente sind für wissenschaftliche Messungen aus folgendem Grunde unbrauchbar:

Die Höhe der Quecksilbersäule wird stets gemessen vom Niveau des Spiegels in der Birne *b* bis zur Kuppe im Rohr *a*.

Wenn aber das Quecksilber im Rohr fällt, so wird es in der Birne steigen und zwar um so mehr, je enger der Querschnitt der Birne ist.

Somit verändert sich der Nullpunkt mit dem Steigen und Fallen des Quecksilbers im Rohre.

Nun besitzt aber die Skala einen festen Nullpunkt, weil sie unverrückbar befestigt ist — eine jede Ablesung, die von einem andern Nullpunkt, als dem ursprünglichen, ausgeht, ist daher falsch.

Verringert kann der Fehler dadurch werden, dass man den Querschnitt der Birne recht weit macht; aufgehoben wird er dadurch, dass man die Skala beweglich macht, d. h. das Birnbarometer in ein Gefässbarometer verwandelt.

Für wissenschaftliche Zwecke dienen

2. Gefässbarometer von Fortin. (Fig. 10.)

[...]fäss-[...]ometer

Das Quecksilbergefäss *g* besitzt einen beweglichen Boden *l* aus Leder, der mittelst einer Schraube *h* hoch und nieder gestellt werden kann. Der Nullpunkt ist durch eine Elfenbeinspitze *s* markiert. Vor der Ablesung stellt man das Niveau durch Schrauben am Boden auf die Spitze der Elfenbeinmarke *s* ein. — der Stand im Rohr *b* gibt dann die richtige Angabe. (Es ist jedoch noch eine Korrektur anzubringen wegen der Kapillardepression, infolge deren das Quecksilber um so weniger hoch steigt, je enger die Röhre ist.) Die aus nachstehender Tabelle II zu entnehmende Zahl ist dem abgelesenen Stand zuzufügen:

Fig. 10.

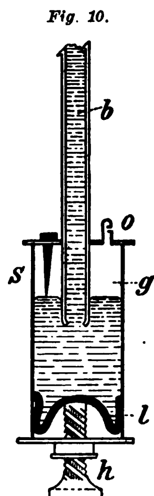


Tabelle II.

Durchmesser der Barometerröhre.	Höhe des Meniskus in mm						
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
4 mm	0.60	1.16	1.65	2.05	2.35	—	—
6 mm	0.24	0.48	0.70	0.90	1.07	1.21	1.32
8 mm	0.12	0.24	0.35	0.46	0.55	0.64	0.71
12 mm	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.21	0.23

3. Stationsbarometer.

Den Fortin'schen Barometern ähnlich sind die Stationsbarometer nach Kapeller. Es fehlt denselben nur die Nullpunktsmarke, dagegen ist die Skala von vornherein nach dem Verhältnis von dem Durchmesser der Röhre zu jenem des Gefässes reduziert. **Stationsbarometer**

Man kann also, wenn ermittelt ist, wie hoch das Quecksilber im Gefässe steigt, wenn es im Rohre um ein Gewisses fällt, aus dem Stande des Quecksilbers im Rohre den jeweiligen Nullpunkt berechnen und braucht somit nur eine Ablesung zu machen, während beim Fortin'schen Barometer ausserdem die genaue Einstellung des Nullpunktes notwendig ist.

Der Reduktionsfaktor ist für jedes Instrument durch Vergleich mit einem Normalbarometer ermittelt und auf den Metallboden des Barometers eingravirt.

4. Heberbarometer.

Die Heberbarometer (Fig. 11) besitzen eine überall gleich weite Röhre *b*, so dass das Quecksilber in dem einen Schenkel ebenso hoch steigt, als es in dem andern fällt. Man macht daher stets zwei Ablesungen, nämlich die des Nullpunkts und die des Standes. **Heberbarometer**

Je nach der Konstruktion sind drei Arten zu unterscheiden:

a) Barometer und Skala sind fest, man liest den obern Stand ab, dann den untern und addiert oder subtrahiert die Entfernung des letztern vom Nullpunkt.

b) Barometer beweglich, Skala fest, dann verschiebt man das Barometer solange, bis die Quecksilberkuppe im kurzen Schenkel mit dem Nullpunkt zusammentrifft und liest oben direkt ab.

c) Barometer *b* fest, Skala *s* beweglich:

Die Skala *s* besteht aus folgenden Teilen:

1. einer Glasröhre, welche über den langen Schenkel des Barometerrohrs *b* gestülpt und mit mm-Teilung (Skala) versehen ist,

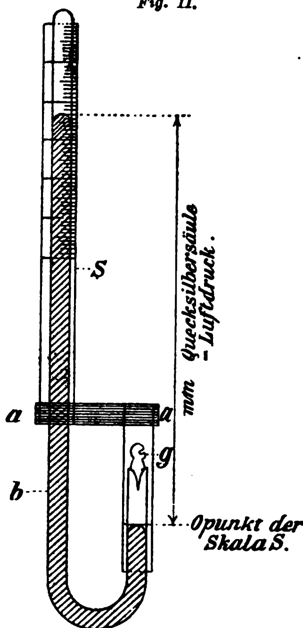


Fig. 11.

2. einer ebensolchen Glasröhre, welche über den kurzen Schenkel des Barometerrohrs *b* gestülpt ist, u. die Nullpunktmarke der Skala aufgeätzt enthält.

Diese beiden, die Schenkel des Barometerrohrs mantelartig umgebenden Glasröhren sind durch

3. eine Messingfassung *aa* verkuppelt, so dass jede Verschiebung des einen Teiles eine gleiche Verschiebung des andern mit zur Folge hat.

Man schiebt die Nullpunktmarke auf die Kuppe des Quecksilbers im kurzen Schenkel und liest den Stand des Quecksilbers im langen Rohr dann direkt (und ohne Korrektur für Kapillardepression) ab.

Das Ende des kurzen Schenkels des Rohres *b* ist durch einen fein durchbohrten Glasstöpsel *g* geschlossen, welcher den Zutritt der durch den Mantelraum eindringenden Luft gestattet und gleichzeitig das Ausfliessen des Quecksilbers beim Transport verhütet.

ur des ieters Bei allen Quecksilberbarometern übt die Temperatur einen Einfluss auf die Länge (Höhe) der Quecksilbersäule aus, der durch eine Korrektur beseitigt werden muss.

Die Ausdehnung der Quecksilbersäule durch Wärme kann der Hauptsache nach nur in der Länge (Höhe) erfolgen, sie beträgt für

1 mm und 1^{0} C 0.00018 mm (Ausdehnungskoëff. für 1^{0} C.)
b „ „ 1^{0} C $b \times 0.00018$ mm
b „ „ t^{0} C $b \times t \times 0.00018$ mm.

Da man für gewöhnlich und behufs Vergleich mit

anderen Messungen alle Barometerstände als bei 0° C gemessen angiebt, hat man auch die Temperatur am Barometer abzulesen und den Stand des Barometers auf 0° zu reduzieren.

Eine Quecksilbersäule, welche bei t^0 C die Länge b mm hat, ist bei 0° C = $(b - b \times t \times 0.00018)$ mm oder

$$b_o = b_t - b_t \times t \times 0.00018$$

Beispiel: Barometerstand 720 mm = b_t

Temperatur am Barometer 15° C = t.

b_o = 720 mm — 720 × 15 × 0.00018.

= 720 „ — 1.9

= 718.1 „ d. h. der auf 0° C reduzierte Barometerstand ist 718.1 mm.

Es giebt Tabellen, welche die Rechnung ersparen, eine solche ist für die Barometerstände 680—770 mm und die Temperaturen 5°—30° C angefügt (Tab. III).

Für sehr genaue Messungen muss auch die Ausdehnung des Glases der Barometerröhre, wie auch der Skala berücksichtigt werden, für hygienische Untersuchungen kann diese Korrektur jedoch unterlassen werden.

In Tabelle III ist diese Ausdehnung der Skala und zwar unter Annahme einer Messingskala berücksichtigt, die Zahlen fallen jedoch mit den nach der Formel berechneten fast zusammen, in obigem Beispiel 718.2 mm statt der berechneten 718.1 mm.

Aufhängen der Barometer.

Barometer sind in Zimmern mit geringen Temperaturschwankungen, jedenfalls vor der Sonne geschützt, aufzuhängen. Heberbarometer sind ausserhalb der Beobachtungszeit etwas schief zu hängen, damit die eintretende Oxydation des Quecksilbers im kurzen Schenkel das Glas in der Höhe der Ablesung nicht trübe macht. **Aufhängen der Barometer**

Tabelle III.

Reduktion der in mm ausgedrückten Barometerstände auf 0°.

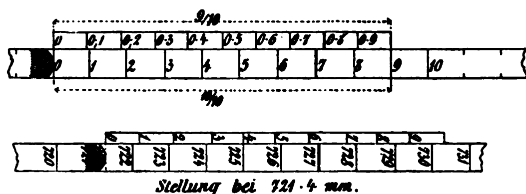
Die Zahlen sind vom Barometerstand in mm abzuziehen.

t	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770
5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8
7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9
8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
10	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5
3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6
4	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
5	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9
6	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0
7	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1
8	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3
9	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4
20	2.2	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5
1	2.3	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6
2	2.4	2.4	2.4	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.8
3	2.5	2.5	2.5	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9
4	2.6	2.6	2.6	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0
5	2.7	2.7	2.7	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1
6	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3
7	2.9	2.9	3.0	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4
8	3.0	3.0	3.1	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.5
9	3.1	3.2	3.2	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6	3.6	3.7
30	3.2	3.0	3.3	3.5	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8

Nonius.

Zum Ablesen der Bruchteile von Millimetern dient der Nonius (Fig. 12). An der Skala des Barometers ist ein verschiebbarer Massstab angebracht, der genau 9 mm lang und in 10 Teile geteilt ist, jeder Teilgrad des Nonius ist daher nur $^9/_{10}$ mm lang, also $^1/_{10}$ mm kürzer als ein Teilgrad der Skala.

Fig. 12.



Die Ablesung erfolgt nun so, dass man den Nullstrich des Nonius genau an die Kuppe des Quecksilbers anlegt, und den nächst untern ganzen Millimeterstand abliest. Fällt der Nullstrich des Nonius mit einem Teilstrich der Skala zusammen, so liest man den Stand in ganzen mm direkt ab.

Fällt der Nullstrich des Nonius aber zwischen zwei Teilstriche der Skala, so zählt man, der wievielte Teilstrich des Nonius zusammenfällt mit einem Teilstrich der Skala und addiert dann ebensoviele $^1/_{10}$ mm zu, z. B.:

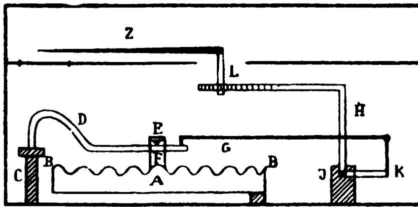
Der Nullstrich des Nonius steht zwischen 721 und 722 mm, der 4. Teilstrich des Nonius fällt mit einem Strich der Skala zusammen, dann ist der Barometerstand $721 + 0.4 = 721.4$ mm.

5. Federbarometer.

Kleine, luftleer gemachte Metalldosen mit dünnwandigem Metalldeckel oder ebensolche Metallringe geben jede Änderung des Luftdruckes durch eine Federung des Deckels oder eine Dehnung des Metallringes zu erkennen; diese Federung kann mittelst geeigneter Mechanismen bedeutend vergrössert und auf ein Zeigerwerk übertragen werden. **Feder-barometer**

Die gebräuchlichsten Instrumente sind die Federbarometer (Aneroide) nach Naudet. Bei denselben ist der bewegende Teil eine luftleere runde Dose *A* mit gewelltem Deckel *B* von sehr dünnem Argentanblech. Die Änderung des Luftdruckes zeigt sich an durch Heben oder Senken des Deckels.

Fig. 13.



Bei dem Naudet'schen Aneroid wird diese Bewegung folgendermassen auf ein Zeigerwerk übertragen.

Auf der Säule *C* ruht eine die Dose überspannende, breite, schwanenhalsartig gebogene Feder *D*, welche durch Stahlschneiden *E* des mit dem Deckel fest verbundenen Metallsäulchens niedergedrückt wird. An der Feder *D* befindet sich ein Arm *G* befestigt, der seine auf- und abgehende Bewegung durch den Winkelhebel *KJH* durch den Schenkel *J* auf ein um die Welle *L* geschlungenes Kettenrädchen überträgt, die Welle *L* somit in Rotation setzt. Die Welle *L* trägt den Zeiger *Z*, der auf einer Kreisskala die Änderung des Luftdruckes anzeigt.

Die Einstellung dieses Instrumentes, bezw. die Bezeichnung der Skala geschieht durch Vergleich mit einem Normalbarometer, zur genauen Einstellung sind an dem Hebel *KJH* (in der Zeichnung weggelassene) Stellschräubchen angebracht.

Bei der Beobachtung des Barometerstandes hat man das horizontal stehende Instrument leicht am Gehäuse zu klopfen, um etwaige Hemmungen des Zeigers zu beseitigen, dann behufs Ablesung des Zeigerstandes das Auge so über den Zeiger zu bringen, dass die Verbindungsebene senkrecht zur Kreisfläche steht, und endlich die Temperatur des im Innern des Aneroids angebrachten Thermometers abzulesen.

Der am Aneroid abgelesene Barometerstand bedarf noch verschiedener Korrektionen und zwar der Temperatur-, der Teilungs- und der Stand-Korrektion.

Die Temperaturkorrektion gibt an, um wie viele Skalenteile die Ablesung in mm bei t^0 vermindert werden muss, um den Stand bei 0^0 zu erhalten.

Die Teilungskorrektion giebt an, um wieviele Skalenteile die Ablesung B verbessert werden muss, wenn das Aneroid bei 760 mm Druck berichtigt (eingestellt) wurde.

Die Standkorrektion giebt an, um wieviel Skalenteile der auf 0^0 reduzierte Stand vermehrt werden muss, um den wahren Barometerstand zu geben. Bedingt ist diese Korrektion durch kleine Fehler des Instrumentes.

Für jedes Instrument müssen daher 3 konstante Koëfficienten a, b, c bestimmt werden, und man findet den auf 0^0 reduzierten Barometerstand B_0, wenn man bezeichnet:

die Ablesung bei t^0 mit B
die Temperatur mit t
den Temperaturkoëfficienten mit a
den Teilungskoëfficienten mit b
den Standkoëfficienten mit c

nach der Formel

$$B_o = B + c + b\,(760 - B) - a\,t.$$

Die übrigen gebräuchlichen Federbarometer unterscheiden sich vom Naudet'schen lediglich durch die Art der Uebertragung der Deckelbewegung auf den Zeiger. Beim Goldschmitt'schen Aneroid wird die Deckelbewegung durch ein Hebelwerk vergrössert, an einer sehr feinen geraden Skala abgelesen und in mm Quecksilberdruck umgerechnet.

Näheres über Aneroide und Ermittelung ihrer Koëfficienten siehe Bauernfeind, Elemente der Vermessungskunde. 7. Aufl. 1. Bd. S. 520.

III.

Bestimmung der Luftfeuchtigkeit.

Die Luft kann je nach ihrer Temperatur verschieden viel Wasserdampf aufnehmen; die Wasserdampfmenge

erreicht jedoch für jeden Temperaturgrad ein gewisses unüberschreitbares Maximum.

Ist die Luft bei einer gewissen Temperatur völlig mit Wasserdampf gesättigt und sie wird nun abgekühlt, so kann sie nicht mehr soviel Wasserdampf wie bisher enthalten, sondern sie wird den Überschuss je nach der Temperatur in tropfbar flüssiger Form (als Regen oder Thau) oder in fester Form (als Reif, Schnee oder Hagel) abscheiden.

Thaupunkt Die Temperatur, bei der die Luft völlig mit Wasserdampf gesättigt ist, nennt man Thaupunkt.

Absolute Feuchtigkeit Die Wasserdampfmenge in g, welche in 1 cbm Luft bei einer gewissen Temperatur eben enthalten ist, heisst absolute Feuchtigkeit.

Sättigungsmaximum Die Wasserdampfmenge in g, welche bei einer gewissen Temperatur (als Thaupunkt) in 1 cbm Luft enthalten sein könnte, heisst Sättigungsmaximum.

Sättigungsdefizit Die Wasserdampfmenge in g, welche 1 cbm Luft bei einer gewissen Temperatur bis zur vollen Sättigung noch aufnehmen könnte, heisst Sättigungsdefizit oder

Sättigungsdefizit ist die Differenz zwischen dem Sättigungsmaximum und dem absoluten Wassergehalt der Luft.

Relative Feuchtigkeit Diejenige Wassermenge, welche in der Luft bei einer gewissen Temperatur enthalten ist, in Prozenten derjenigen Wassermenge ausgedrückt, welche bei derselben Temperatur in der Luft enthalten sein könnte, heisst relative Feuchtigkeit oder

die absolute Feuchtigkeit in Prozent des Sättigungsmaximums ausgedrückt, giebt die relative Feuchtigkeit.

Hygrometer.

Hygrometer Zur Bestimmung des Wassergehalts der Luft dienen die Hygrometer, die sich teils auf Bestimmung des Thaupunktes, teils der absoluten oder relativen Feuchtig-

keit gründen und alle andern Daten zu berechnen gestatten.

Die Kondensations-Hygrometer bestimmen den Thaupunkt, beispielsweise die Instrumente von Daniell und Regnault, sie lassen aber dem subjektiven Sehen zu viel Spielraum und erfordern verhältnismässig viele Zeit zur Ablesung; sie werden daher jetzt nur selten gebraucht.

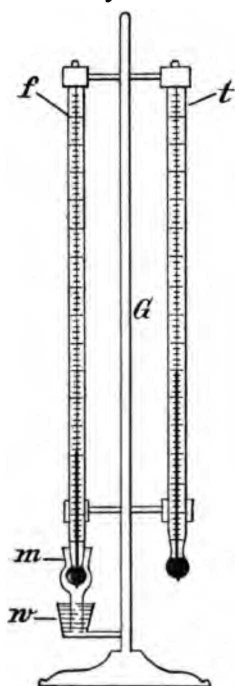
Als Hygrometer für hygienische Untersuchungen dient am einfachsten das

Psychrometer von August.*)

Psychrometer von August

Dieses Instrument (Fig. 14) besteht aus zwei in $^1/_{10}{}^0$ C geteilten, ganz gleich zeigenden Thermometern, *t* und *f*, die an einem Gestell *G* befestigt sind. Die Kugel des einen Thermometers *f* wird stets feucht gehalten. Dies geschieht durch Umwickeln der Kugel mit Musselin *m*, der in ein Wassergefäss *w* herabreicht und durch Haarröhrchenwirkung Wasser aufsaugt und die Kugel feucht hält.

Fig. 14.



Wenn nun die Luft nicht völlig mit Wasser gesättigt ist, so wird von der feuchten Kugel von *f* Wasser verdampfen, wodurch Wärme verbraucht wird; das feuchte Thermometer *f* wird also einen tieferen Stand zeigen als das trockene Thermometer *t*.

Ist die Luft völlig mit Wasser gesättigt, so kann kein Wasser verdampfen, es wird also auch keine Wärme gebunden, die beiden Thermometer zeigen gleiche Temperatur.

*) Preis 20—24 ℳ

Die Thatsache, dass das feuchte Thermometer *f* einen tieferen Stand zeigt, als das trockene *t*, wenn die Luft nicht völlig mit Wasser gesättigt ist, und zwar einen um so tieferen, je grösser das Sättigungsdefizit ist, gestattet auf den Feuchtigkeitszustand der Luft zu schliessen.

Bei mässigem Luftzug wird die an der feuchten Kugel *f* vorbeistreichende Luft sich mit Wasserdampf sättigen, gleichzeitig aber erkalten, weil sie einen Teil ihrer Wärme zur Dampfbildung abgiebt. Es wird nun ein Zustand eintreten, bei dem ebensoviel Wärme durch die Luft zugeführt wird, als Wärme gebunden wird durch die Verdampfung.

Das feuchte Thermometer *f* zeigt also die Temperatur an, bis zu welcher die Luft an der feuchten Kugel erkaltet und bei welcher sie gleichzeitig mit Wasserdampf gesättigt ist.

Die Luft kommt mit ihrem Wassergehalt (m), der bestimmt werden soll, an die Kugel des feuchten Thermometers *f* mit der Temperatur, welche das trockene Thermometer *t* angiebt.

Die Luft, welche das feuchte Thermometer mit Wasserdampf gesättigt verlässt, hat einen Wassergehalt (M), der sich zusammensetzt aus

1. dem Wassergehalt, den die Luft schon hatte ($= m$)
2. dem Wasser, das die Luft an der feuchten Kugel aufnahm ($= cd$)

also $M = m + cd$.

In dieser Gleichung sind aber M und $c\,d$ bekannt, während m unbekannt ist, also

$$m = M - cd,$$

worin m = absoluter Wassergehalt der Luft bei der Temperatur des trockenen Thermometers *t*,

M = Sättigungsmaximum bei der Temperatur des feuchten Thermometers *f*, aus Tabelle IV zu entnehmen,

c = Konstante, für gewöhnlich =0.65, im Winter, wenn die Kugel mit Eis überzogen ist, *c* = 0.56,

d = Differenz zwischen trockenem und feuchtem Thermometer.

Das Produkt *cd* kann aus Tabelle IVa direkt entnommen werden.

Tabelle IV.

Tabelle über den Wassergehalt der Luft

bei verschiedenen Temperaturen.

Nach Flügge berechnet von H. Trillich.

in 1 cbm Luft g Wasserdampf.

Temperatur der Luft	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
— 20	1.06									
— 15	1.57									
— 14	1.70	1.69	1.68	1.67	1.66	1.64	1.62	1.61	1.60	1.58
— 13	1.84	1.82	1.81	1.80	1.78	1.77	1.76	1.74	1.73	1.71
— 12	1.97	1.96	1.95	1.94	1.93	1.91	1.90	1.89	1.87	1.85
— 11	2.13	2.10	2.08	2.07	2.05	2.04	2.03	2.01	2.00	1.98
— 10	2.30	2.28	2.27	2.25	2.23	2.21	2.20	2.18	2.16	2.15
— 9	2.49	2.47	2.45	2.43	2.41	2.39	2.38	2.36	2.34	2.32
— 8	2.67	2.65	2.63	2.62	2.60	2.58	2.56	2.54	2.53	2.51
— 7	2.88	2.86	2.84	2.82	2.80	2.77	2.75	2.73	2.71	2.69
— 6	3.11	3.09	3.06	3.04	3.02	2.99	2.97	2.95	2.93	2.90
— 5	3.36	3.33	3.31	3.28	3.26	3.23	3.21	3.18	3.16	3.13
— 4	3.61	3.58	3.56	3.53	3.51	3.48	3.46	3.43	3.41	3.38
— 3	3.90	3.87	3.84	3.81	3.78	3.75	3.73	3.70	3.67	3.64
— 2	4.19	4.16	4.13	4.10	4.07	4.05	4.02	3.99	3.96	3.93
— 1	4.52	4.49	4.45	4.42	4.39	4.35	4.32	4.29	4.26	4.22
0 —	4.87	4.83	4.80	4.76	4.73	4.69	4.66	4.62	4 59	4.55

Temperatur der Luft	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
+ 1	5.21	5.25	5.28	5.32	5.35	5.39	5.43	5.46	5.50	5.53
2	5.57	5.61	5.65	5.69	5.73	5.76	5.80	5.84	5.88	5.92
3	5.96	6.00	6.04	6.08	6.12	6.16	6.21	6.25	6.29	6.33
4	6.37	6.41	6.45	6.50	6.54	6.58	6.62	6.66	6.71	6.75
5	6.79	6.84	6.88	6.93	6.98	7.02	7.07	7.11	7.16	7.21
6	7.26	7.31	7.35	7.40	7.45	7.49	7.54	7.59	7.64	7.68
7	7.73	7.78	7.83	7.89	7.94	7.99	8.04	8.09	8.15	8.20
8	8.25	8.30	8.36	8.41	8.47	8.52	8.57	8.63	8.68	8.73
9	8.79	8.85	8.91	8.96	9.02	9.07	9.13	9.19	9.24	9.30
10	9.37	9.43	9.49	9.55	9.61	9.67	9.74	9.80	9.86	9.92
11	9.98	10.04	10.11	10.17	10.24	10.30	10.36	10.43	10.49	10.56
12	10 62	10.69	10.75	10.82	10.88	10.95	11.02	11.08	11 15	11.21
13	11.28	11.35	11.43	11.50	11.58	11.65	11.72	11.80	11.87	11.95
14	12.02	12.09	12.17	12.24	12.32	12.39	12.46	12.54	12.61	12.69
15	12.76	12.84	12 92	13.00	13.08	13.15	13.23	13.31	13.39	13.47
16	13.55	13.63	13.72	13.80	13.89	13.97	14.05	14.14	14.22	14.31
17	14.39	14.48	14.58	14.67	14.77	14.86	14.95	15.05	15.14	15.24
18	15.33	15.42	15.50	15.59	15.68	15.76	15.85	15.94	16.03	16.11
19	16.20	16.39	16.39	16.49	16.58	16.68	16.78	16.87	16.97	17.06
20	17.16	17.26	17.37	17.47	17.58	17.68	17.78	17.89	17.99	18.10
21	18.20	18.31	18.41	18.52	18.63	18.73	18.84	18.95	19.06	19.17
22	19.29	19.41	19.52	19.64	19.75	19.87	19.99	20.10	20.22	20.33
23	20.45	20.56	20.68	20.79	20.91	21.02	21.14	21.25	21.37	21.48
24	21.60	21.73	21.85	21.98	22.11	22.23	22.36	22.49	22.62	22.74
25	22.87	23.00	23.13	23.27	23.40	23.53	23.66	23.79	23.93	24.06
26	24.19	24.33	24.47	24.61	24.75	24.88	25.02	25.16	25.30	25.44
27	25.58	25.72	25.86	26.01	26.15	26.29	26.43	26.57	26.72	26.86
28	27.00	27.15	27.31	27.46	27.61	27.76	27.92	28.07	28.22	28.38
29	28.53	28.69	28.85	29.01	29.17	29.33	29.50	29.66	29.82	29.98
30	30.14	30.31	30.47	30.64	30.81	30.97	31.14	31.31	31.48	31.64
31	31.81	31.98	32.16	32.33	32.51	32.68	32.86	37.03	37.21	37.38
32	33.56	33.74	33.92	34.10	34.28	34.45	34.63	34.81	34.99	35.17
33	35.35	35.54	35.73	35.93	36.12	36.31	36.50	36.69	36.87	37.08
34	37.27	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle IVa.

Psychrometerhilfstabelle

für das Produkt $c \times d$, wobei
$c = 0.65$.

	Zehntelgrade									
$d=$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	.	0.06	0.13	0.19	0.26	0.32	0.39	0.45	0.52	0.58
1	0.65	0.71	0.78	0.84	0.91	0.97	1.04	1.10	1.17	1.23
2	1.30	1.36	1.43	1.49	1.56	1.62	1.69	1.75	1.82	1.88
3	1.95	2.01	2 08	2.14	2.21	2.27	2.34	2.40	2.47	2.53
4	2.60	2.66	.73	2.79	2.86	2.92	2.99	3.05	3.12	3.18
5	3.25	3.31	3.38	3.44	3.51	3.57	3.64	3.70	3.77	3.83
6	3.90	3.96	4.03	4.09	4.16	4.22	4.29	4.35	4.42	4.48
7	4.55	4.61	4.68	4.74	4.81	4.87	4.94	5.00	5.07	5.13
8	5.20	5.26	5.33	5.39	5.46	5.52	5.59	5.65	5.72	5.78
9	5.85	5.91	5.98	6.04	6.11	6.24	6.17	6.30	6.37	6.43
10	6.50	6.56	6.63	6.69	6.76	6.82	6.89	6.95	7.02	7.08
					$c = 0.56$					
0	.	0.05	0.11	0.17	0.22	0.28	0.34	0.39	0. 5	0.50
1	0.56	0.61	0.67	0.73	0.78	0.84	0.90	0.95	1.01	1.06
2	1.12	1.17	1.23	1.29	1.34	.40	1.46	1.51	1.57	1.62
3	1.68	1.73	.79	1.85	1.90	1.96	2.02	2.07	2.13	2.18
4	2.24	2.29	2.35	2 41	2.46	2.52	2.58	2.63	2.69	2.74
5	2.80	2.85	2.91	2.97	3.02	3.08	3.14	3.19	3.25	3.30

Kennt man den absoluten Wassergehalt der Luft, den man mittelst des Psychrometers erhält, so lassen sich alle anderen Werte leicht berechnen.

Beispiel:

Temperatur des trockenen Thermometers (t) 30.0° C
„ „ feuchten „ (f) 20.2° C

d = Differenz beider Thermometer 9.8° C.

Nach Tabelle IV enthält die Luft bei der Temperatur des feuchten Thermometers f als Sättigungsmaximum 17.37 g Wasser in 1 cbm.

Die Formel $m = M - cd$ erhält daher folgende Werte:

$$m = 17.37 - 0.65 \times 9.8, \text{ woraus}$$
$$m = 17.37 - 6.37$$
$$= 11.$$

d. h. die absolute Feuchtigkeit der Luft ist 11 g pro 1 cbm oder die Luft enthält 11.0 g Wasser in 1 cbm.

Zur Berechnung des Sättigungsmaximums braucht man nur in Tabelle IV den Wassergehalt der Luft bei der Temperatur des trockenen Thermometers t aufzuschlagen, = 30.14.

Man kennt nun: Sättigungsmaximum bei 30° = 30.14 g
und absolute Feuchtigkeit bei 30° . . . = 11.00 g

Differenz zwischen beiden = Sättigungsdefizit 19.14 g
d. h. die bei 30° C untersuchte Luft kann noch 19.14 g Wasser pro 1 cbm aufnehmen.

Das Sättigungsmaximum der Luft ist 30.14,
die absolute Feuchtigkeit ist 11.0

Es verhält sich daher Sättigungsmaximum zu absoluter Feuchtigkeit wie 30.14 : 11.0 = 100 : x

$$\text{woraus } x = \frac{100 \times 11}{30.14}$$
$$= 36.5\,\%,$$

d. h. die relative Feuchtigkeit der Luft ist 36.5%.

Die Konstante c ist abhängig von Barometerstand und Luftbewegung.

Die genauere Berechnung unter Berücksichtigung des Barometerstandes ergiebt jedoch gegenüber den nach obiger Formel erhaltenen Werten nur geringe Differenzen, welche für die hygienische Beurteilung nicht mehr in Betracht kommen.

Über die genauere Berechnung siehe in Jelinek-Hann.: Meteorologische Tabellen und Jelinek: Psychrometertabellen.

In neuerer Zeit hat man auch sog. Schleuder- und Aspirationspsychrometer konstruiert, welche

auf demselben Prinzip wie das August sche beruhen, jedoch davon in der Richtung abweichen, dass durch Bewegung der Thermometer selbst oder der Luft an ihnen vorbei ein gewisser Luftzug hergestellt wird, wodurch sich natürlich die Konstante *c* verändert und daher stets erst ermittelt werden muss.

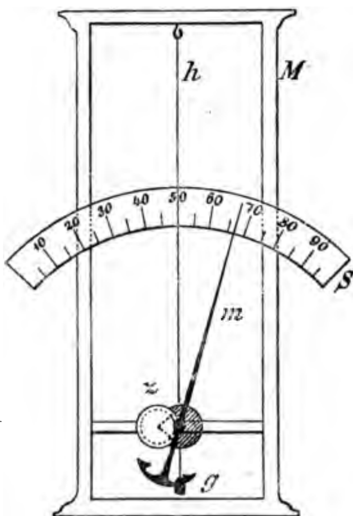
Die Schleuderpsychrometer nach Flügge und Dencke*) bestehen aus zwei in $^1/_5{}^0$ C geteilten, in Messingfassungen befindlichen Thermometern. Die Kugel des einen ist mit Zeug bewickelt und wird in destilliertes Wasser getaucht. Dann werden beide Thermometer mittelst einer Schnur etwa $1^1/_2$ Minuten lang in einer Vertikalebene etwa 150 mal geschleudert, bis sich der Stand nicht mehr ändert, worauf man den Stand beider Thermometer abliest und die daraus folgenden Zahlen den eigens berechneten Tabellen entnimmt.

(Zeitschrift für Hygiene. I. 1886.)

Haarhygrometer

Hygrometer, welche den relativen Feuchtigkeitsgehalt der Luft angeben, sind die Haarhygrometer, wie sie zuerst von Saussure konstruiert, von Koppe**) verbessert worden sind. (Fig. 15.)

Fig. 15.



Ein eigens präpariertes Frauenhaar *h* ist in einem Messingrahmen ***M*** befestigt und wird durch ein Gewicht *g* straff gehalten. Das Haar läuft über eine Rolle *z*, an welcher ein Zeiger *m* sitzt, der an einer empirisch ermittelten Skala *S* den relativen Feuchtigkeitsgehalt in Prozent angiebt. Das Haar hat nämlich die Eigenschaft, sich in feuchter Luft auszudehnen, in trockener sich zusammen-

*) W. Apel. Göttingen. Preis 11,50 ℳ. **) Preis 36 ℳ

zuziehen. Zur Kontrollierung des Sättigungspunktes = 100 % ist der Apparat in ein Blechkästchen mit Glaswand einschliessbar, in das ein mit Wasser befeuchteter Musselinschieber eingesetzt werden kann. Man wartet, bis der Zeiger konstant stehen bleibt und stellt ihn dann mittelst eines Schlüssels auf 100 % ein.

Stellt man das Instrument frei auf, so giebt es den relativen Feuchtigkeitsgehalt der Luft genau an.

In Fig. 15 sind alle Skalenteile gleich. Diese Einteilung, wie sie von Saussure herrührt, ist nicht ganz richtig und ist deshalb beim Koppe'schen Hygrometer durch eine richtige mit ungleichen Abständen ersetzt.

Haarhygrometer anderer Konstruktion sind die von Klinkerfuess und Lambert, die auf bifilarer Aufhängung beruhen, und das neu konstruierte Instrument von F. Schubert-Meran (80 M), dessen Konstruktion noch Geheimnis ist.

Verbindet man mit der Ablesung der relativen Feuchtigkeit die Ablesung eines Thermometers, so sind absolute Feuchtigkeit und Sättigungsdefizit leicht zu berechnen,

z. B.: relative Feuchtigkeit 65 %,
Temperatur der Luft 20° C.

Das Sättigungsmaximum für 20° C ist nach Tabelle IV 17.16 g.

Von dieser Wassermenge enthält die Luft aber nur 65 %, oder in absolute Feuchtigkeit umgerechnet nach dem Ansatz:

$$100 : 65 = 17.16 : x$$
$$x = \frac{65 \times 17.16}{100}$$
$$= 11.15 \text{ g.}$$

d. h. die Luft enthält in 1 cbm 11.15 g Wasserdampf.

Das Sättigungsdefizit ergiebt sich dann als Differenz

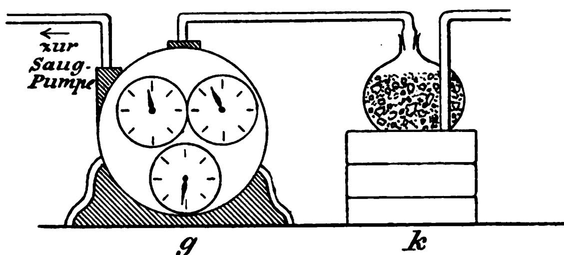
zwischen	Sättigungsmaximum für 20° C =	17.16 g
und	absoluter Feuchtigkeit bei 20° C =	11.15 g
zu		6.01 g,

d. h. 1 cbm Luft kann bis zur vollen Sättigung mit Wasserdampf noch 6.01 g Wasserdampf aufnehmen.

Chemische Methode.

Die genaueste aber nur Mittelwerte für grössere Zeiträume liefernde Methode zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts der Luft ist die chemische: Überleiten eines gemessenen Luftvolums über ein Absorptionsmittel und Bestimmung der Gewichtszunahme desselben. Chemische Methode

Fig. 16.



Als Absorptionsmittel für Wasserdampf dient konzentrierte Schwefelsäure, mit welcher Bimssteinstückchen getränkt werden. Diesen Schwefelsäurebimsstein füllt man in ein Absorptionskölbchen *k* (Fig. 16), wägt auf einer analytischen Wage und saugt nun mittelst eines Aspirators Luft durch das Kölbchen. Das Luftvolumen wird, nachdem es die Schwefelsäure passiert hat, durch eine Gasuhr *g* gemessen.

Das Absorptionskölbchen wird nach Beendigung des Versuches wieder gewogen, die Gewichtszunahme ist gleich g Wasser in der durchgeleiteten Luft.

Genaue Darstellung: Fresenius, Anleit. z. quant. chem. Analyse. IV. Aufl. II. Bd. 754.

Zur qualitativen Anzeige der Änderung des Wasserdampfgehalts der Luft hat man ausserdem noch empirische Hygroskope

Hygroskope für Laien hergestellt, die teils auf der Ausdehnung gewisser Körper, Stroh, Storchschnabelnadeln, den Wurzeln von Geraniumarten (Storchschnabel), Darmsaiten, teils auf der Farbenveränderung gewisser Salze (Kobalt-, Nickel-, Chromsalze) bei einer Änderung des Wassergehalts der Luft beruhen. Diese Instrumente sind für wissenschaftliche Zwecke nicht brauchbar.

Die Aufstellung der Hygrometer hat wie die der Thermometer zu erfolgen, besonders muss für hinreichende Luftzufuhr bezw. Lufterneuerung gesorgt sein. Am besten bringt man die Instrumente für Messungen im Freien im Thermometergehäuse an.

e des gkeits- alts

Für hygienische Beurteilung eines Klimas hat die Angabe des Feuchtigkeitsgehalts der Luft nach dem Sättigungsdefizit einen viel grösseren Wert, als nach der relativen Feuchtigkeit oder nach dem absoluten Wassergehalt.

Man hat auch versucht, das Sättigungsdefizit in der Weise zu bestimmen, dass man die in einer gewissen Zeit von einer bestimmten Fläche verdunstende Wassermenge bestimmt und in mm Höhe ausdrückt (Verdunstungsmenge).

tungs- ser

Hiezu dienende Apparate heissen Atmometer oder Verdunstungsmesser (Evaporimeter, Siccimeter).

Der einfachste ist das Verdunstungskästchen, ein quadratisches Blechkästchen von 1 qdm = 100 qcm Querschnitt und etwa 4 cm Höhe, das oben offen oder mit einem abnehmbaren weitmaschig gegitterten Deckel versehen ist.

Man füllt das Kästchen zu zwei Drittel der Höhe mit Wasser, wägt es so auf 0.1 g genau und stellt es dann an den Ort, an dem man die Verdunstungsmenge bestimmen will. Nach 24 Stunden wägt man das Kästchen wieder; der Gewichtsverlust ist gleich dem verdunsteten Wasser.

Man dividiert nun die Anzahl der Gramme ver-

dunsteten Wassers durch die Grundfläche und erhält die Verdunstungsmenge in cm Höhe. Durch Multiplikation mit 10 wandelt man diese in mm um.

Zum Beispiel:

Kästchen am 24. Mai mit Wasser 675 g
" " 25. Mai " " 582 g (nach 24 Std.)

Verdunstetes Wasser 93 g = 93 ccm Wasser.

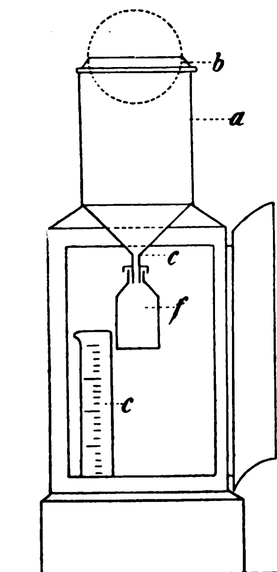
$$\text{Verdunstungsmenge} = \frac{93 \text{ ccm}}{100 \text{ qcm}} = 0.93 \text{ cm} = 9.3 \text{ mm}.$$

Die direkte Ablesung des verdunsteten Wassers in mm gestattet das Verdunstungsmesser von Lamont. (Wochenbericht der Münchener Sternwarte 1868 Nr. 158.)

Beide Apparate müssen so aufgestellt sein, dass die Luft von allen Seiten Zutritt hat, die direkten Sonnenstrahlen und Regen aber abgehalten werden.

Neuerdings hat Ebermayer einen Verdunstungsmesser konstruiert, der unter allen äusseren Verhältnissen (Regen, Schnee, Sturm u. s. w.) die Menge des verdunsteten Wassers zu bestimmen gestattet. Die Beschreibung dieses Apparates ist jedoch noch nicht veröffentlicht.

Fig. 17.



Regenmesser.

Regenmesser

Die regelmässige Bestimmung der in gewissen Zeiträumen fallenden Regenmenge bietet meteorologisch und hygienisch grosses Interesse. Zu dieser Bestimmung dienen die Regenmesser oder Ombrometer. (Fig. 17.)

Der Regen wird in einem cylindrischen Blechgefäss *a* mit einer kreisrunden Auf-

fangfläche von 500 qcm = $^1/_{20}$ qm aufgefangen. Das Gefäss selbst besitzt einen etwas grösseren Durchmesser als die Auffangfläche und ist also oben etwas konisch verjüngt *b*, um ein Zurückschlagen des Regens zu verhindern, unten läuft es in einen Trichter aus. Der eingefallene Regen läuft durch ein Röhrchen *c* in eine Blechflasche *f*, die mittelst Bajonettverschluss am Auffanggefäss angebracht ist und eine Wiederverdunstung des Regens verhindert.

Das in der Flasche *f* angesammelte Wasser wird in den Beobachtungsstunden in einen Messcylinder *c* gegossen, der Menge nach gemessen und in mm Höhe umgerechnet.

Zum Beispiel:

In 24 Stunden betrug die Regenmenge 223 ccm, die Auffangfläche ist 500 qcm, also die Regenhöhe $= \frac{223 \text{ ccm}}{500 \text{ qcm}}$ $= 0.446$ cm $= 4.46$ mm Regenhöhe.

Die den Ombrometern beigegebenen Messcylinder geben die Regenhöhe direkt in mm an.

Zur Messung der gefallenen Schneemenge wird das Instrument in ein Zimmer gebracht, der Schnee geschmolzen und die Menge des Schneewassers wie Regen gemessen.

Die Aufstellung der Ombrometer muss so erfolgen, dass ein Zurückschleudern des Regens von hohen Gegenständen oder vom Boden her unmöglich ist und ausserdem keine Abhaltung des bei Wind fallenden Niederschlages durch höhere Objekte stattfinden kann. Zumal die korrekte Durchführung der Schneemessung erfordert das Vorhandensein zweier Instrumente.

Die Auffangfläche muss mindestens 1.4 m vom Boden entfernt, ebenso gross muss die Entfernung der beiden Ombrometer sein. Auf Dächern dürfen die Ombrometer nicht aufgestellt werden.

Als Beobachtungsstunden hat man 8 Uhr morgens und 8 Uhr abends gewählt und giebt also die in 12 Stunden gefallene Regenmenge in mm Höhe an.

IV.

Bestimmung der Luftbewegung und Windrichtung.

1. Die qualitative Prüfung auf das Vorhandensein einer Luftbewegung erfolgt in geschlossenen Räumen durch eine Kerzenflamme, die aus ihrer Vertikalrichtung abgelenkt wird, durch Rauch, durch feine Luftballons u. s. w. Alle diese Mittel versagen aber, wenn die Luftgeschwindigkeit unter 0.2 m pro Sekunde sinkt.

Im Freien prüft man mittelst Gefühl oder mittelst Windfahnen und Wimpeln.

2. Zur ungefähren Schätzung des Windes kann man sich der Beaufortschen 12grädigen Skala (Tabelle V) bedienen:

Tabelle V.

Beauforts Grad	Bezeichnung	Geschwindigkeit m pro Sek.	Winddruck kg pro qm	Wirkung des Windes
0	Windstille	1.5	0.3	Der Rauch steigt gerade empor kein Blättchen bewegt sich
1	.	3.5	1.5	
2	Schwach	6.0	4.4	Für das Gefühl bemerkbar, bewegt einen Wimpel oder leichte Blätter.
3	.	8.0	7.8	
4	Mässig	10.0	12.2	Streckt einen Wimpel, bewegt die Blätter und kleineren Zweige der Bäume.
5	.	12.5	19.0	
6	Frisch	15.0	27.4	Bewegt grössere Zweige der Bäume.
7	.	18.0	40.0	
8	Stark	21.5	56.0	Bewegt die ganzen Äste und die schwächeren Stämme, hemmt das Gehen im Freien.
9	.	25.0	76.0	
10	Sturm	29.0	103.0	Rüttelt die ganzen Bäume, bricht Äste und mässige Stämme, entwurzelt kleine Bäume.
11	.	33.5	137.0	
12	Orkan	40	195.0	Deckt Häuser ab, wirft Schornsteine um, bricht und entwurzelt Bäume.

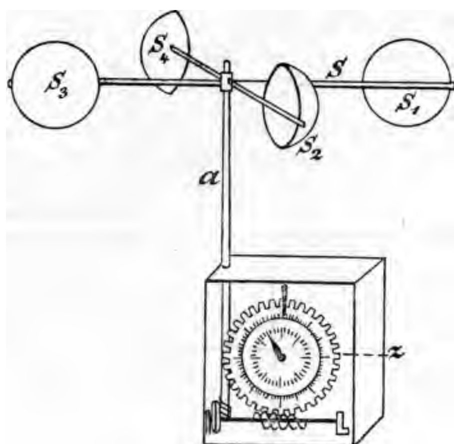
Messung der Windgeschwindigkeit.

Anemometer.

emometer

Zur Messung der Luftgeschwindigkeit im Freien dienen die Windgeschwindigkeitsmesser (Anemometer) und zwar ist am meisten gebräuchlich das Schalenkreuzanemometer von Robinson, doch können auch mittelst der im Kapitel Ventilation beschriebenen Anemometer Messungen vorgenommen werden.

Fig. 18.



Das Schalenkreuzanemometer ist folgendermassen konstruiert: (Fig. 18) *). An einer gemeinschaftlichen vertikalen Axe a, welche mittelst einer Schraube ohne Ende in ein Zählwerk z eingreift, befindet sich ein horizontales Kreuz S, dessen 4 Enden halbkugelförmige Schalen von dünnem Blech tragen. S_1 S_2 S_3 S_4. Der Wind kann nun von einer beliebigen Seite kommen, er wird immer eine hohle Schale treffen und da er auf diese stärker als auf die gewölbten wirkt, immer eine Bewegung des Schalenkreuzes in ein und derselben Richtung veranlassen.

Die Windgeschwindigkeit wird daher ausgedrückt durch die Zahl der Umdrehungen des Schalenkreuzes mal 1) einer Konstanten, welche das Verhältnis zwischen dem zurückgelegten Weg des Windes und des Schalenkreuzes enthält, also auch den Reibungskoëffizienten einschliesst und plus

2) die geringste Geschwindigkeit, bei der das Instrument in Gang kommt.

Beide Koëffizienten müssen für jedes Instrument eigens ermittelt werden, wozu gewöhnlich der im Kapitel Ventilation beschriebene Voit'sche Aichapparat dient.

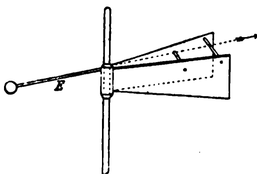
Man liest die Zahl der Umdrehungen des Schalenkreuzes am Zählwerk ab und setzt diese Zahl in die Formel des Instrumentes ein, worauf sich der Windweg und durch Division desselben durch die Zeitdauer auch die Windgeschwindigkeit für die Zeiteinheit ergibt. Man macht die Ablesungen alle 24 Stunden Morgens 8 Uhr. Behufs bequemer Ablesung sind von Osnaghi und Recknagel auch elektrisch registrierende Anemometer konstruiert worden.

Das Anemometer ist so aufzustellen, dass es von allen Seiten dem Winde frei ausgesetzt ist, am besten also auf Dächern oder freien Plätzen.

Windfahnen.

Zur Bestimmung der Windrichtung dienen die Windfahnen oder an deren Stelle Wimpel. Die beste Konstruktion ist jene, bei welcher zwei senkrecht stehende Metallblätter unter einem spitzen Winkel zu einander an einer Axe befestigt sind (Fig. 22). Die Windrichtung wird dann durch eine Eisenstange *E* angezeigt, welche den Winkel beider Seiten halbiert. **Windfahnen**

Fig. 22.



Zur Bezeichnung der Windrichtung dient die Windrose, die in 4 Haupt- und 32 Unterabteilungen geteilt ist. **Windrose**

Die international vereinbarte Bezeichnungsweise ist:

N	für	Nord	S	für	Süd
NNE	„	Nordnordost	SSW	„	Südsüdwest
NE	„	Nordost	SW	„	Südwest
ENE	„	Ostnordost	WSW	„	Westsüdwest
E	„	Ost	W	„	West
ESE	„	Ostsüdost	WNW	„	Westnordwest
SE	„	Südost	NW	„	Nordwest
SSE	„	Südsüdost	NNW	„	Nordnordwest

Bewölkung.

lkung Die Stärke der Bewölkung wird in 10 Graden ausgedrückt, wovon 0 = wolkenlos,
10 = völlig bedeckt.

Die bayerischen Wetterkarten geben die Stärke der Bewölkung durch verschieden grosse Ausfüllung von Kreisen, also

⊙ wolkenlos = 0 ◕ zu dreiviertel bedeckt = 7
◑ halb bedekt = 5 ● ganz bedeckt = 10.

formen Die Wolkenformen werden folgendermassen unterschieden:

1. die Federwolke, Cirrus, leichte, fedrige Wolken in den höchsten Luftregionen (4000 m), aus Eisnadeln bestehend (Ci);
2. Die Haufwolken, cumulus, geballte Formen in Höhen von 500—2000 m (Cu);
3. die Schichtwolken, stratus, weithin gestreckte Wolkenformen, Bänke, meist horizontal (St);
4. die Regenwolke, nimbus, ein Gemisch der ersteren, aber nur in Höhen bis 500 m und von grauer Farbe (N).

Dazwischen kommen noch Zwischenformen vor, wie
Cirro stratus, geschichtete Federwolken (CiSt).
Cirro cumulus, Schäfchenwolken (CiCu) etc.

Form der Niederschläge.

Form der Niederschläge

Der Form nach unterscheiden sich die Niederschläge in Regen, Schnee, Hagel, Graupeln, Thau und Reif; für diese und andere meteorologische Erscheinungen hat man folgende Zeichen vereinbart:

● Regen	Ω Thau
✱ Schnee	⌴ Reif
▲ Hagel	✢ Schneegestöber
△ Graupeln	⌈⚡ Gewitter
≡ Nebel	⪡ Wetterleuchten.

Darstellung der Beobachtungen.

Darstellung der Beobachtungen

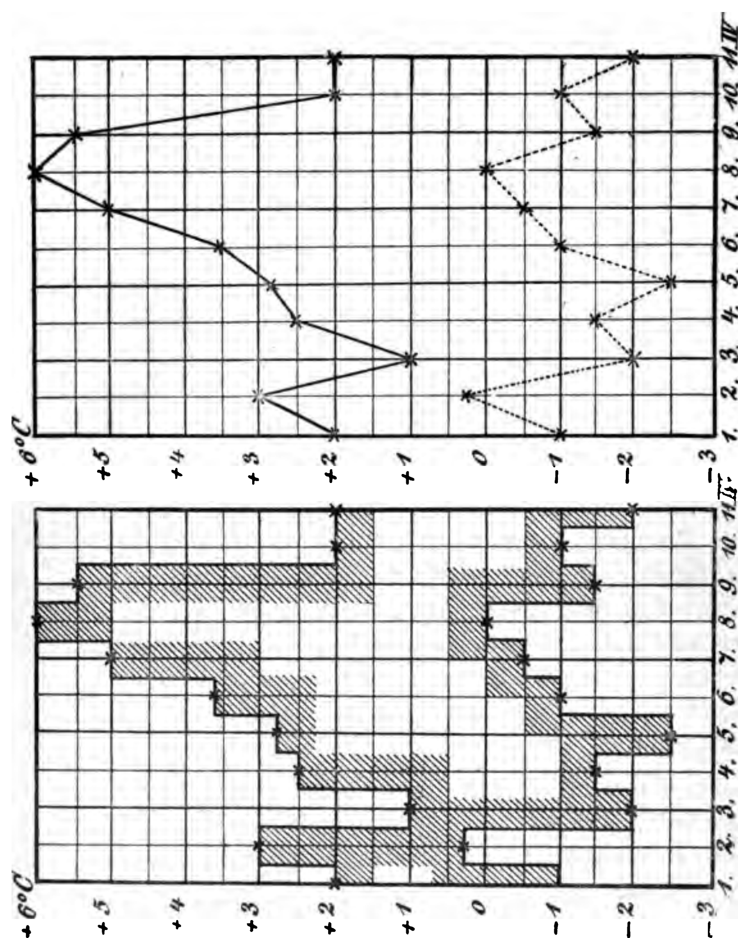
Die Resultate der meteorologischen Beobachtungen können tabellarisch oder graphisch dargestellt werden. Die bayerischen Stationen benützen äusserst zweckmässige Monats- und Jahrestabellen, die sich aus den täglichen Beobachtungen zusammensetzen. Man nimmt nämlich die Mittel von je 5 Tagen und berechnet daraus Monats- und Jahresmittel.

Sehr übersichtlich ist die graphische Darstellung der Resultate, welche durch Anlage von Kurven oder Ausfüllung von Quadraten ausgeführt werden kann.

Die Anlage dieser graphischen Tabellen dürfte aus den Figuren 23 I und II klar ersichtlich sein.

Dieselben zeigen den Gang der Maximal- und Minimaltemperatur vom 1. bis 11. April und zwar I in Kurvenform, II durch Ausfüllung der entsprechenden Quadrate.

Fig. 23.


+6°C
+5
+4
+3
+2
+1
0
−1
−2
−3
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. III
+6°C
+5
+4
+3
+2
+1
0
−1
−2
−3
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. II

Witterungsprognose

nach Dr. C. Lang.

Aus der Beobachtuug der meteorologischen Erscheinungen haben sich die folgenden Sätze ergeben, welche ihrerseits einen gewissen Schluss auf die Änderung des Wetters zulassen: **Witterungsprognose**

1. die Beschaffenheit des Wetters ist abhängig von der Windrichtung.
2. die Windrichtung ist abhängig vom Luftdruck, der selber abhängt von
   a) Höhenlage des Ortes,
   b) spezifischer Schwere der Luft an und für sich,
   c) dem Wassergehalt der Luft,
   d) der Temperatur.

   Der Einfluss der verschiedenen Temperatur des Quecksilbers wird durch Reduktion aller Barometerstände auf 0° eliminiert, ebenso der der Höhenlage durch Reduktion auf Meeresniveau.

   Man bildet sich nun eine weite Himmelsschau, indem man die telegraphischen Mitteilungen der Stationen des ganzen Erdteils in Karten einträgt und sich dadurch ein Bild der momentanen Luftdruck- und Wetterverteilung verschafft.

   Orte, welche gleichen Barometerstand besitzen, werden durch eine Linie, die Isobare, verbunden, ebenso Orte mit gleicher Temperatur durch Isothermen. **Isobare** **Isothermen**
3. Die Luft fliesst von einem Gebiete mit hohem Barometerstand nach einem solchen mit niedrigem oder von einem Maximalgebiet (Anticyklone) zu einem Minimalgebiet (Cyklone, Depression).
4. Diese Bewegung ist um so rascher, je grösser der Luftdruckunterschied (das Gefälle, der Gradient) zwischen zwei benachbarten Orten ist.

5. Diese Bewegung findet nicht senkrecht zu den Isobaren statt, sondern infolge der Erddrehung so, dass der Beobachter (auf der nördlichen Halbkugel) wenn er den Wind im Rücken hat, das Minimalgebiet links seitwärts *vor* sich, das Maximalgebiet rechts seitwärts *hinter* sich hat.
6. Die Witterung in einem Maximalgebiet ist beständig, trocken und heiter, in einem Minimalgebiet aber unbeständig, trübe und regnerisch.
7. Die Maximalgebiete ändern in Europa ihre Lage und Form nur langsam, die Minimalgebiete bewegen sich stets und zwar in der unter 8 bezeichneten Weise.
8. Die Minimalgebiete lassen bei ihrer Wanderung die Maximalgebiete beinahe immer auf der rechten Seite ihres Weges.
9. Niedrige Temperatur ist für Bildung eines Maximums, hohe eines Minimums günstig.

Auf Grund dieser Sätze wird aus der Wetterkarte die Prognose für das kommende Wetter gestellt — die allgemeine Prognose kann aber durch die Örtlichkeit beeinflusst werden und muss nach Umständen eine Änderung erfahren, falls gewisse Vorbedingungen nicht eintreten, welche der in Aussicht stehenden Luftdruckänderung vorausgehen müssen.

Litteratur:

Jelinek-Hann.: Anleitung zur Anstellung meteorol. Untersuchungen u. Sammlung von Hilfstafeln.

H. Mohn: Grundzüge der Meteorologie.

J. Müller: Lehrbuch der kosmischen Physik.

Renk: Die Luft. *Ziemssen-Pettenkofer*: Handbuch der Hygiene.

II.

Chemische Untersuchung der Luft.

Allgemeines über chemische Untersuchungen.

Für die später vorkommenden chemischen Analysen sind hauptsächlich nachfolgende, in den chemischen Laboratorien gebräuchlichen Apparate und Utensilien notwendig:

1. Die Wage.

Die Ausführung chemischer Analysen, wie auch die Bereitung der Massflüssigkeiten setzt den Besitz einer Analysenwage voraus, die bei 100 g Tragkraft mindestens 1 mg anzeigt. **Wage**

Abbildung 24 zeigt eine chemische oder Analysenwage.*) Die Wage befindet sich in einem Gehäuse mit Glaswänden. Die Vorderseite des Gehäuses kann durch Aufschieben geöffnet werden und bleibt entweder infolge einer Balanciervorrichtung oder mittelst einer Hemmvorrichtung, die durch einen Druck auf den Knopf *m* gelöst wird, in jeder beliebigen Höhe stehen. Häufig ist die Vorderseite in drei Teile, einen feststehenden mittleren und zwei Thüren geteilt.

Mittelst Stellschrauben *o o* kann das Gehäuse absolut horizontal gestellt werden, was durch Einspielen eines hinter der Säule *b* befindlichen Lotes oder einer Libelle ersichtlich ist.

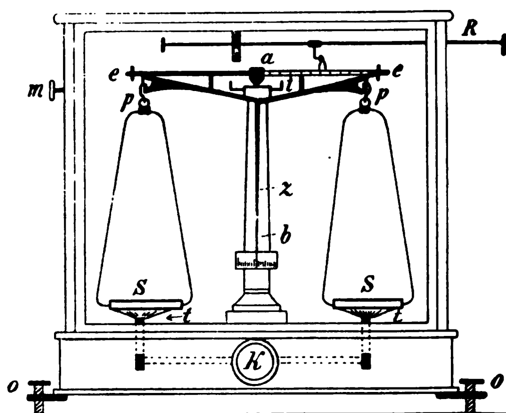
Die Wage selbst besteht aus einer Säule *b*, welche auf einem Achatlager den Wagebalken trägt. Derselbe ist durchbrochen und besitzt drei Stahlschneiden, eine Mittelschneide *a* und zwei Endschneiden *p*.

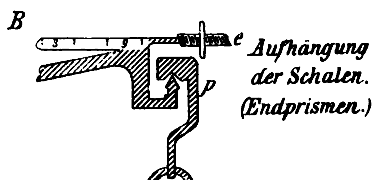
---

*) Preis 120—200 ℳ

Die eine Seite des Balkens ist in 10 Teile geteilt, um mit Hilfe einer Schiebervorrichtung *R* die Milligramme und deren Bruchteile mittelst eines Milligrammreiters abwägen zu können.

Fig. 24.





Zum genauen Einstellen des Gleichgewichts des Balkens dienen die Endläufer *e*, welche an feinen Schrauben je nach Bedarf verstellt werden können.

Die am Balken befestigte Zunge *z* giebt endlich den Ausschlag des Balkens auf einer Teilung an.

An den Endschneiden des Wagebalkens *p* hängen, wie Fig. 26 B zeigt, die Wageschalen in Achatlagern.

Um die Wage zu schonen, ist dieselbe mit einer Arretiervorrichtung versehen, welche durch den Knopf *K* bewegt wird. Es wird nemlich 1. durch eine Hebevorrichtung *i*, welche durch die hohle Säule *b* emporgeht, die Schneide *a* vom Lager abgehoben und damit vom Balkengewicht entlastet; 2. durch eine Pinselarretierung *t* jede Schale etwas gehoben, wodurch die Endschneiden *p* vom Schalengewicht entlastet werden.

Solch feine Wagen erfordern eine sehr sorgfältige Behandlung, beim Gebrauch einer analytischen Wage sind daher die nachfolgenden Regeln zu beachten:

1. die Wage ist vor dem Auflegen irgend eines Gegenstandes zu arretieren, d. h. es werden die Schneiden der Prismen durch eine Arretiervorrichtung von den Lagern abgehoben.
2. Beim Abwägen darf man die Gewichte nicht planlos auflegen, sondern muss streng systematisch mit dem grössten Gewicht anfangend stets zum nächst kleineren übergehen, bis der Gleichgewichtszustand erreicht ist. Milligramme und Bruchteile werden zweckmässig durch Verschieben eines Reiters auf dem geteilten Balken abgewogen.
3. Jeder zu wägende Körper muss auf Lufttemperatur abgekühlt sein.
4. Die Gewichte dürfen nicht mit der Hand, sondern nur mittelst Pinzetten angefasst werden.
5. Nach der Wägung sind alle Gegenstände von der Wage zu entfernen, insbesondere sind die Gewichte sofort in die richtigen Abteilungen des Kästchens einzulegen, auch ist der Reiter vom Balken zu entfernen.

2. Allgemeine chemische Operationen.

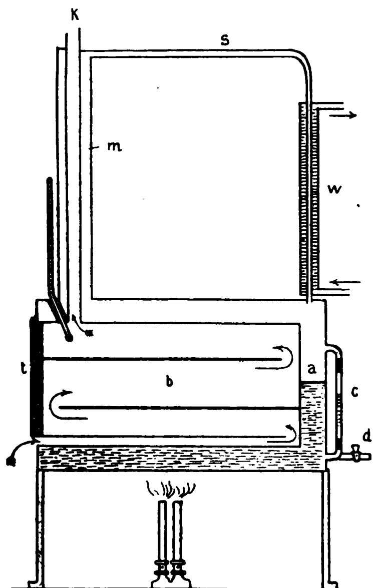
Das Trocknen von Substanzen wird zweckmässig bei 100 o C, oder richtiger der Temperatur des siedenden Wassers vorgenommen. Dembehufs wird die Substanz in einem flachen Glasschälchen, Porzellan- Platin- oder Nickelschalen genau abgewogen und in einen Trockenschrank gestellt. **Trocknen**

Derartige Trockenschränke einfachster Konstruktion sind viereckige Kästen aus einfachem oder doppelwandigem Eisen- oder Kupferblech, die durch eine unter-

gestellte Gas- oder Spirituslampe geheizt werden. Am einfachsten und sichersten im Gebrauch sind doppelwandige Wassertrockenschränke, da bei diesen jede Regulirvorrichtung für die Flamme wegfällt.

Um ein rasches Trocknen zu erzielen, hat man dafür zu sorgen, dass durch den Trockenschrank stets ein Luftzug geht.*)

Fig. 25.



Der von Trillich angegebene Trockenschrank (Fig. 25) besteht aus einem doppelwandigen kupfernen Trockenschrank *a*, der bis zu 2/3 Höhe im äusseren Zwischenraum mit Wasser gefüllt wird.

Unter dem Boden des mehrere Abteilungen enthaltenden inneren Trockenraumes *b* befindet sich ein schmaler Zwischenraum, der als Schlitz in die Luft und anderseits ebenso in den Innentrockenraum *b* mündet und als Vorwärmer für die hier eintretende Luft dient.

Vom Innentrockenraum steigt ein mindestens 40 cm hoher Kamin *k* aus einer kupfernen Röhre auf, der mit einer zweiten Röhre *m* umgeben ist, die mit dem Wasserraum *a* in Verbindung steht.

Zum Gebrauch wird die Türe *t* des Trockenschrankes fest verschlossen und die Flamme angezündet, wodurch das Wasser im Zwischenraum *a* zum Kochen kommt. Der Wasserdampf steigt in dem äusseren Kamin *m* in

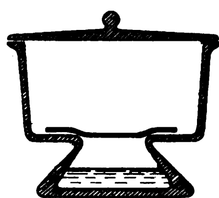
*) Vergl. Soxhlet. Zeitschrift f. angewandte Chemie. 1891. 363.

die Höhe und wird kondensirt in einem Kühler *w*, der durch das Rohr *s* mit dem Mantel *m* verbunden ist.

Durch den Dampf im äussern Kamin *m* wird aber die Luft im innern Kamin *k* erwärmt, wird dadurch leichter und steigt in die Höhe, während frische Luft durch den Schlitz in den Innentrockenraum *b* nachdringt. Da diese in dünner Schichte direkt über dem kochenden Wasser streicht, gelangt sie bereits stark vorgewärmt in das Innere und beschleunigt das Trocknen der darin befindlichen Substanzen in ungemeinem Masse. Das Thermometer *r* gestattet die Temperatur abzulesen, der Hahn *d* und der Wasserstandszeiger *c* Wasser nachzufüllen. *)

Glaubt man die Substanz genügend trocken, so hat man sie aus dem Trockenschrank zu entnehmen und so erkalten zu lassen, dass sie nicht wieder Feuchtigkeit anziehen kann. Hiezu dienen die Exsikatoren, gut verschliessbare Glasgefässe, die eine hygroskopische Substanz (Chlorcalcium oder Schwefelsäure) und eine Vorrichtung zum Tragen der Substanz enthalten.

Fig. 26.



Die gebräuchlicheren Formen sind folgende:

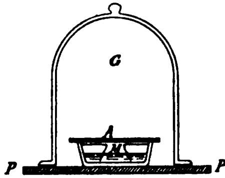
a) Nach Scheibler, becherförmige Gläser von 15 bis 20 cm Durchmesser und 15 cm Höhe, welche zur Hälfte sich von unten her kegelförmig verjüngen, so dass auf den Rand ein Drahtdreieck oder Drahtnetz aufgelegt werden kann. Der untere Teil nimmt die hygroskopische Substanz auf (Schwefelsäure, oder mit Schwefelsäure getränkten Bimsstein oder Chlorcalcium). Der Rand des Exsikators ist abgeschliffen, auf denselben wird der etwas eingefettete, ebenfalls geschliffene Deckel gesetzt.

---

*) G. Ulrich. München, Göthestr. 3 liefert derartige Apparate in Kupfer mit Asbestumhüllung um 70 ℳ.

b) Glockenexsikatoren: Auf eine starke geschliffene Glasplatte *P* wird eine starkwandige Glasglocke *G* mit abgeschliffenem Rand gesetzt und durch etwas Fett luftdicht geschlossen.

Fig. 27.



Zur Aufnahme der hygroskopischen Substanz dient ein Glas- oder Porzellangefäss, zum Tragen der zu trocknenden Substanzen ein Stativ.

Nach Hempel Zeitschr. angew. Chemie 1891. 201 erfolgt das Trocknen rascher, wann sich die hygroskopische Substanz über dem zu trocknenden Material befindet, was bei Glockenexsikatoren leicht bewerkstelligt werden kann.

Bringt man die warme Substanz in den Exsikator und schliesst denselben rasch, so wird gewöhnlich noch etwas von der sich erwärmenden Luft ausgetrieben und nach dem Erkalten befindet sich im Exsikator ein luftverdünnter Raum, der teils das Öffnen erschwert, teils beim Öffnen die Luft mit Gewalt hineinstürzen macht, so dass, wenn die Substanz nicht bedeckt würde, leicht ein Verlust durch Verstäuben eintritt.

Um diesem Übelstande abzuhelfen, hat man verschiedene Vorrichtungen konstruiert, das Einfachste ist jedoch, die Substanz stets gut zu bedecken.

mpfen Das Abdampfen von Flüssigkeiten geschieht in Schalen, Bechergläsern oder Tiegeln, die durch eine unterstellte Flamme erhitzt werden. Zur besseren Schonung der Gefässe oder behufs besserer Wärmeverteilung lässt man die Flamme nicht direkt das Gefäss treffen, sondern stellt dieses auf ein Drahtnetz, eine Asbestplatte, ein Sand- oder Wasserbad.

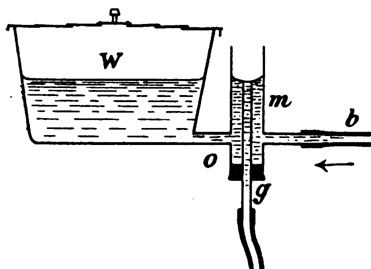
Stets lasse man nicht gleich die volle Flamme wirken, sondern beginne das Erhitzen mit einer kleinen Flamme und verstärke diese allmählich.

Wasserbäder, welche zum verlustlosen Abdampfen oder zum Erhitzen äther- oder alkoholhaltiger Stoffe zu

benützen sind, sind zylindrische oder halbkugelförmige Kessel aus Metall, welche mit einem aus ineinander passenden Ringen bestehenden Deckel verschlossen sind.

Um das Nachfüllen des verdampfenden Wassers zu sichern, wendet man Wasserbäder mit konstantem Niveau an.

Fig. 28.



Am Boden des Wasserbades *W* wird eine Öffnung *o* angebracht und an diese eine horizontale Metallröhre *b* angelötet. Dieselbe trägt die weitere Metallröhre *m*, die unten mit einem Kork verschlossen wird, durch den eine oben offene Glasröhre *g* verschiebbar eingesteckt ist.

Das Rohr *b* wird mit dem Wasserzuflussschlauch, das Rohr *g* mit dem Wasserabflussschlauch verbunden und das obere Ende der Glasröhre *g* wird so hoch gestellt, als man das Niveau im Wasserbad zu haben wünscht, worauf man das Wasser in schwachem Strahle laufen lässt.

Hebervorrichtungen, um jedes einfache Wasserbad mit konstantem Niveau zu versehen, hat Gasterfield angegeben (Chemikerzeitung 1889 S. 325 Rep.)

Zum Glühen eignen sich nur Porzellan- oder Metallschalen oder Tiegel. Nickelgeräthe sind hiefür nicht zu empfehlen. Man beginnt das Glühen mit kleiner Flamme und steigert die Hitze allmählich. Die Gefässe werden zweckmässig in Drahtdreiecke gesetzt, welche mit Thonröhren umkleidete Metalldrähte besitzen.

Znm Filtrieren benützt man Filtrierpapier, am besten aschenfreies, wie solches schon kreisrund geschnitten von der Firma Schleicher & Schüll in Düren in Handel gebracht wird, in seltenen Fällen Asbest. Das Papier muss dem Trichter gut anliegen, der Trichter muss **Filtrieren.**

daher völlig glatt und im Winkel von 60 Grad gefertigt sein. Zum Filtrieren von grösseren Flüssigkeitsmengen, bei denen es auf quantitative Bestimmung nicht ankommt, benützt man Faltenfilter.

Der Rand des Gefässes, aus dem die Flüssigkeit ausgegossen wird, ist mit etwas Talg einzufetten; beim Ausgiessen lässt man die Flüssigkeit an einem an den Glasrand angelegten Glasstab herunterfliessen.

Schwer filtrierende Flüssigkeiten, besonders Stärkeaufkochung enthaltende, müssen unter Druck filtriert werden. Hiezu bedient man sich entweder einer der zahlreichen Wasserluftpumpen, (Fig. 29) deren Prinzip darin beruht, durch einen aus einer engen Oeffnung in ein weiteres Rohr ausströmenden kräftigen Wasserstrahl aus einem Seitenrohr Luft mitzureissen oder man benützt einen Aspirator, eine Ansaugeflasche von einigen Litern Inhalt, nach Art der in Abbildung Fig. 30 u. 31 gegebenen Einrichtungen.

Fig. 29

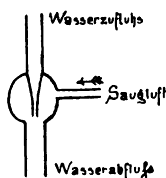


Fig. 30

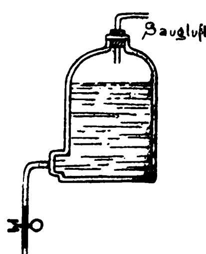
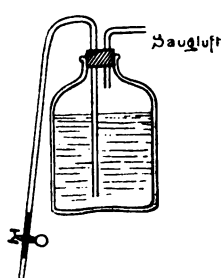


Fig. 31.



Zum Filtrieren unter Druck giebt man dem Papierfilter eine Unterlage in Gestalt eines kleinen, durchlöcherten Platinkonus.

T r ü b e Flüssigkeiten lassen sich leicht klar filtrieren, wenn man nach F r e s e n i u s' Vorschlag*) etwas Asbestpulver zusetzt.

Zu massanalytischen Untersuchungen bedarf man

*) Zeitschr. f. anal. Chem. 1888. 32.

3. der Messgefässe

(Abbildungen auf Tafel I), und zwar

a) Messkolben uud Messflaschen, welche bis zu einer Marke bestimmte Mengen Flüssigkeit fassen; Messgefässe

b) Messcylinder: mit Teilung versehene Cylinder;

c) Pipetten und zwar:

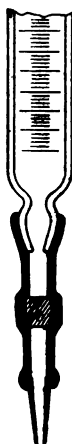
α) Vollpipetten: cylindrische Röhren, welche beiderseits engere Röhren tragen, deren untere in eine Spitze ausgezogen ist und bis zu einer Marke an der oberen Röhre eine bestimmte Menge Flüssigkeit fassen,

β) Messpipetten; cylindrische Röhren mit Einteilung, unten mit Ausflussspitze;

d) Büretten: cylindrische, geteilte Röhren, welche unten mit einem Auslaufverschluss versehen sind. Je nach der Form des letzteren unterscheidet man:

Quetschhahnbüretten, Ventilbüretten, Glashahnbüretten und endlich Giess- oder Gay-Lussacsche Büretten. Die bequemsten sind Büretten mit 50 ccm Inhalt und Teilung in $^1/_{10}$ ccm.

Fig. 32.



Der einfachste Bürettenverschluss für Flüssigkeiten, die mit Gummi in Berührung kommen dürfen, ist folgender: Fig. 32.

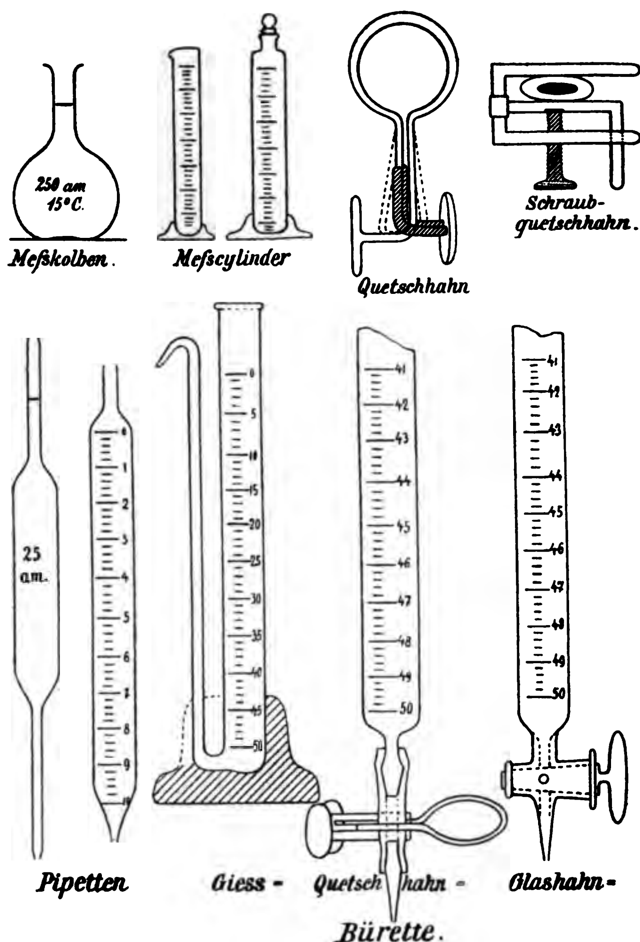
Man steckt in ein 65 mm langes Gummischläuchchen von entsprechender Lochweite ein beiderseits abgeschmolzenes Glasstäbchen von 5—7 mm Länge (*g*) und etwas grösserem Durchmesser als die lichte Weite des Gummiröhrchens hat. Das eine Ende des Gummiröhrchens stülpt man über die Ausflussöffnung der Bürette *b*, das andere über die Ausflussspitze *a*.

Soll aus der Bürette Flüssigkeit ausfliessen, so fasst man das Schläuchchen am Glasstäbchen mit Daumen und Zeigefinger und quetscht den Gummi seitwärts am Stäbchen vorbei, so dass sich

ein Kanal öffnet, durch den die Flüssigkeit je nach dem Druck im Strahl oder tropfenweise abfliesst.

Zum Aufstellen der Büretten dienen verschieden konstruirte Bürettenhalter.

l I.



Die Gefässe sind nur für eine gewisse Temperatur, meist 15° C, geaicht und zwar entweder auf Eingiessen oder Ausfliessen; im letzteren Falle lassen sie so viel

Flüssigkeit auslaufen, als verzeichnet ist, im erstern fassen sie gerade so viel, lassen also weniger ausfliessen.

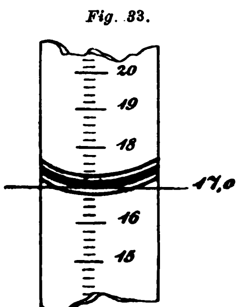
Pipetten werden durch Einsaugen gefüllt, sie sind auf Ausfliessen geaicht, doch muss man den letzten Tropfen stets aus der Spitze entfernen; dies geschieht, indem man das Mundstück mit dem Zeigefinger verschliesst und dann mit der Hand den weiteren Teil der Röhre umfasst; durch die Ausdehnung wird dann der letzte Tropfen ausgetrieben.

Büretten werden mittelst Trichter gefüllt, den man an die Wandung der Bürette anlegt, um Schäumen zu vermeiden, man darf aber nie vergessen, den Trichter nach der Füllung herabzunehmen, da sonst durch das Herabfallen zurückgebliebener Tropfen Fehler entstehen können. Des Weitern soll man sich stets überzeugen, ob nicht in der Ausflussvorrichtung Luftblasen zurückgeblieben sind. Zur Entfernung derselben lässt man einen Teil der Flüssigkeit in kräftigem Strahle abfliessen.

Die wässrigen Flüssigkeiten ziehen sich an den Wänden des Glasgefässes etwas in die Höhe, dadurch entsteht eine nach innen gekehrte Kuppe, der Meniskus. **Meniskus**

Dieser Meniskus, der infolge der Spiegelung gegen hell oder dunkel gesehen, ein verschiedenartiges Ansehen zeigt, erfordert eine stets gleiche Art des Ablesens.

Fig. 33.



Für gewöhnlich stellt man gegen eine helle Wand oder freies Licht, der Meniskus hat dann eine Form, wie Fig. 33 zeigt. Man liest den untern Stand des schwarzen Teiles ab. Bei Ablesung muss das Auge sich mit dem Meniskus in einer Ebene befinden.

Das Wichtigste der Stöchiometrie.

Die Chemie unterscheidet die Körper in Elemente und Verbindungen.

Ein Element ist ein Körper, der durch kein bis jetzt bekanntes Mittel in ungleichartige Stoffe zerlegt werden kann.

Eine Verbindung ist ein Körper, der sich in Elementarbestandteile zerlegen lässt. Chemische Verbindungen enthalten die ihnen eigenen Elementarbestandteile stets in demselben Gewichtsverhältnis verbunden.

Die geringste Menge eines Elementes, welche mit gleichartigen oder verschiedenartigen Stoffen in eine chemische Verbindung einzutreten vermag, nennt man Atom; —

die aus der Vereinigung von Atomen entstandenen Verbindungen oder Körper heissen Moleküle, oder

Molekül ist der kleinste Bestandteil eines Elementes oder einer Verbindung, welcher in freiem Zustande existieren kann.

Man bezeichnet die Elemente durch Buchstaben (Tabelle VII), die Zahl der in Molekül enthaltenen gleichartigen Atome durch Indexzahlen.

Z. B. besteht das Molekül Wasser aus 2 Atomen Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff, die Formel für Wasser ist also H_2O.

Die Aufeinanderwirkung (Reaktion) chemischer Verbindungen wird ebenfalls durch solche Zeichen in Gleichungen ausgedrückt.

Z. B. entsteht bei Einwirkung von Schwefelsäure auf kohlensaures Natron, schwefelsaures Natron, Kohlensäure und Wasser:



$$H_2SO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O.$$

Die Moleküle der Elemente bestehen aus gleichartigen Atomen — die der chemischen Verbindungen aus ungleichartigen. Die chemischen Verbindungen können

ferners mehrere Atomgruppen (Radikale) enthalten, welche beim Zerfall des Moleküls sich wie selbstständige Moleküle verhalten.

Z. B. in obiger Gleichung:

kohlensaures Natron $Na_2CO_3 = Na_2O . CO_2$
Schwefelsäure $H_2SO_4 = H_2O . SO_3$.

Häufig werden daher diese aufgelösten Formeln zur Bezeichnung der Verbindungen benützt.

Die einfachsten Verhältnisse, um die Vereinigung von Elementen mit einander zu studieren, bieten die Gase. Aus deren Untersuchung hat sich ergeben, dass das Molekulargewicht eines Gases stets doppelt so gross ist, als ihr auf Wasserstoff als Einheit bezogenes Volumengewicht, (1 Liter Wasserstoff = 1), dass ein Molekül eines Elementes (mit 5 Ausnahmen) 2 Atome enthält,

ferner, dass gleiche Raumteile verschiedener Gase dieselbe Anzahl Moleküle enthalten.

Als Einheit für alle chemischen Vergleichungen dient das leichteste Gas, der Wasserstoff. Das Gewicht eines Liters Wasserstoff, gemessen bei 0^0 und 760 mm Druck ist 0,0896 grm (gekürzt 0,09 grm) und wird als Krith bezeichnet.

Nach dem obigen von Avogadro aufgestellten Satz ist das Wasserstoffmolekül das leichteste aller Moleküle, das Wasserstoffatom das leichteste aller Atome.

Da die Atome gleichen Raum einnehmen, sind die Atome der Elemente ebensoviel mal schwerer als ein Atom Wasserstoff, als ein Liter des Elementes in Dampfform schwerer ist als ein Liter Wasserstoff.

Man bezeichnet daher die Litergewichte der Elemente in Gasform, gemessen bei 0^0 C und 760 mm Druck und bezogen auf das Litergewicht des Wasserstoffs als Einheit, als Atomgewichte.

Tabelle VII.

Tabelle der Atomgewichte der wichtigeren Elemente.

Namen	Zeichen	Atom-Gewicht	Namen	Zeichen	Atom-Gewicht
Aluminium .	Al	27.4	Magnesium .	Mg	24
Antimon . .	Sb	122	Mangan . .	Mn	55
Arsen . . .	As	75	Natrium .	Na	23
Baryum . .	Ba	137	Phosphor .	P	31
Blei . . .	Pb	207	Platin . .	Pt	197.4
Brom . . .	Br	80	Quecksilber	Hg	200
Cadmium . .	Cd	112	Sauerstoff .	O	16
Calcium . .	Ca	40	Schwefel .	S	32
Chlor . . .	Cl	35.5	Silber . .	Ag	108
Chrom . .	Cr	52.2	Stickstoff .	N	14
Eisen . . .	Fe	56	Uran . . .	Ur	120
Jod . . .	J	127	Wasserstoff	H	1
Kalium . .	Ka	39.1	Wismuth .	Bi	210
Kiesel . .	Si	28	Zink . . .	Zn	65
Kohlenstoff .	C	12	Zinn . . .	Sn	118
Kupfer . .	Cu	63.5			

Addiert man die Atomgewichte der Atome eines Moleküls, so erhält man das *Molekulargewicht*, d. h. jenes Gewichtsverhältnis, mit dem das betreffende Molekül in chemische Reaktion tritt.

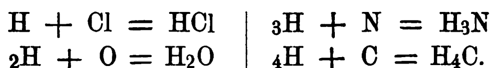
Z. B. Salzsäure $HCl = 1 + 35{,}5 = 36{,}5$ Molekulargewicht.

Die Moleküle aller einfachen und zusammengesetzten Körper nehmen im Gaszustand 2 Volumen ein, wenn 1 Atom Wasserstoff 1 Volumen einnimmt, so vereinigen sich 1 Volumen Wasserstoff und 1 Volumen Chlor zu 2 Volumen Salzsäure, 2 Volumen Wasserstoff und 1 Volumen Sauerstoff zu 2 Volumen Wasser u. s. w. oder

es verbinden sich

1 Atom Wasserstoff und 1 Atom Chlor zu 1 Molekül Salzsäure,

2 Atome Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff zu 1 Molekül Wasser,
3 Atome Wasserstoff und 1 Atom Stickstoff zu 1 Molekül Ammoniak,
4 Atome Wasserstoff und 1 Atom Kohlenstoff zu 1 Molekül Grubengas oder

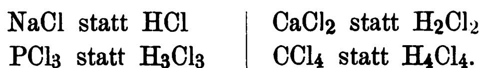


$H + Cl = HCl$	$3H + N = H_3N$
$2H + O = H_2O$	$4H + C = H_4C$.

Äquivalenz

Man nennt diese Eigenschaft der Elemente, eine bestimmte höchst mögliche Anzahl Einheiten oder Atome Wasserstoff binden zu können, Wertigkeit (Valenz) und spricht von einwertigen, zweiwertigen u. s. w. Elementen.

In gleicher Weise findet man, dass verschiedene Elemente ein, zwei, drei oder vier Atome Wasserstoff vertreten können; z. B.:



$NaCl$ statt HCl	$CaCl_2$ statt H_2Cl_2
PCl_3 statt H_3Cl_3	CCl_4 statt H_4Cl_4.

Man nennt daher diejenigen Mengen verschiedener chemischer Stoffe, welche denselben chemischen Wert wie ein Atom Wasserstoff besitzen, welche also ein Atom Wasserstoff zu vertreten vermögen, äquivalent oder gleichwertig.

Äquivalentgewicht

Äquivalentgewicht nennt man jene Menge eines Körpers, welche einem Atom Wasserstoff gleichwertig ist.

Z. B. 1 Liter = 0,0896 g Wasserstoff verbindet sich mit
1 Liter = 3,1808 g Chlor zu
2 Liter = 3,2504 g Salzsäuredampf.

Setzt man Wasserstoff 0,0896 = 1, so verbinden sich damit 35,5 $\times$ 0,896 gm Chlor, d. h. 35,5 Teile Chlor sind äquivalent 1 Teil Wasserstoff.

2 Liter = 0,1792 g Wasserstoff verbinden sich mit
1 Liter = 1,4336 g Sauerstoff zu
2 Liter = 1,6128 g Wasserdampf.

Setzt man Wasserstoff 0.0896 = 1, so verbinden sich
2 Teile Wasserstoff mit 16 Teilen Sauerstoff oder
1 Teil Wasserstoff mit 8 Teilen Sauerstoff d. h.
8 Teile Sauerstoff sind äquivalent 1 Teil Wasserstoff.

Bei chemischen Verbindungen ist zu konstatieren, wieviele Gewichtsteile Wasserstoff sie zu vertreten im stande sind.

Tritt Salzsäure in Reaktion ($HCl = 36{,}5$), so wird durch dieselbe ein Atom eines einwertigen Elementes gebunden, 1 Atom Wasserstoff frei, das Molekül Salzsäure ist daher einwertig, sein Äquivalentgewicht also 36,5.

Tritt Schwefelsäure in Reaktion ($H_2SO_4 = 98$), so werden durch dieselbe 2 Atome eines einwertigen Elementes gebunden, die Schwefelsäure ist daher zweiwertig, ihr Äquivalentgewicht daher $\frac{98}{2} = 49$, d. h. 49 Gewichtsteile Schwefelsäure vertreten 1 Gewichtsteil Wasserstoff.

Die Elemente sind charakterisiert ausser ihrem Atom- und Äquivalent-Gewicht durch gewisse Eigenschaften ihrer Verbindungen, der Säuren oder Basen und der daraus entstehenden Salze. Auf der Kenntnis dieser Eigenschaften beruht die Möglichkeit des Nachweises und der Bestimmung dieser Verbindungen — die qualitative und quantitative Analyse.

So liefert Salzsäure mit Silbersalzen versetzt, einen weissen Niederschlag, der sich am Lichte schwärzt und in Ammoniak auflöst. Dieser Niederschlag ist Chlorsilber von der Zusammensetzung AgCl, sein Auftreten beweist daher die Gegenwart von Salzsäure (oder einem Salz derselben).

Der qualitative Nachweis chemischer Elemente und Verbindungen beruht auf der Herbeiführung charakteristischer Reaktionen, die quantitative Bestimmung in der Darstellung genau bekannter Verbindungen und Wägung derselben (Gewichtsanalyse) oder Verfolg des Endes einer Reaktion (Massanalyse.)

ınalyse Die Massanalyse bezweckt also, den zu bestimmenden Körper durch eine Lösung von bekanntem Gehalt in eine neue Verbindung überzuführen und die hiezu nötige Menge dieser Lösung zu messen.

flüssig- ›iten Die Lösungen von bekanntem Gehalt an wirksamer Substanz oder Massflüssigkeiten können zweierlei sein, entweder

empirische, dann enthalten sie eine bestimmte, dem

Zweck angepasste Menge Substanz gelöst, z. B. in 1 Liter 10 g Oxalsäure, oder

Normallösungen, dann steht ihr Gehalt an Substanz ein für allemal fest, sie enthalten nämlich in 1 Liter von 15° C gelöst das Äquivalent der Substanz in Gramm, d. h. diejenige Menge der Substanz, welche 1 Atom Wasserstoff äquivalent ist, in Gramm ausgedrückt.

Z. B. Normalschwefelsäure. Das Äquivalentgewicht der Schwefelsäure H_2SO_4 ist nach Seite 66 49, man hat daher 49 g Schwefelsäure mit Wasser zu 1000 ccm zu verdünnen.

Normalnatronlauge. Das Äquivalentgewicht des Natriumhydroxydes ($NaOH = 23 + 16 + 1 = 40$) ist 40, da 1 Molekül Natriumhydroxyd 1 Atom Wasserstoff zu vertreten vermag. Man löst daher 40 g Natriumhydroxyd zu 1000 ccm auf.

Normaloxalsäure. Die reine Oxalsäure enthält 2 Moleküle Krystallwasser und hat die Formel $C_2H_2O_4 + 2\ H_2O$, ihr Molekulargewicht berechnet sich aus den Atomgewichten ihrer Elemente (S. 64) folgendermassen:

2	Atome	Kohlenstoff =	24	(= 2 × 12)
2	„	Wasserstoff =	2	(= 2 × 1)
4	„	Sauerstoff =	64	(= 4 × 16)

ferner aus dem Krystallwasser;

4	Atome	Wasserstoff =	4	(= 4 × 1)
2	„	Sauerstoff =	32	(= 2 × 16)
		in Summa	126.	

Aus dem Verhalten der Oxalsäure gegen Alkalien ergiebt sich, dass sie eine zweiwertige Säure ist, d. h. dass ein Molekül Oxalsäure zwei Atome Wasserstoff vertreten kann.

Ihr Äquivalentgewicht ist daher nicht gleich dem Mokulargewicht = 126, sondern nur halb so gross, nemlich = 63.

Um 1 Liter Oxalsäure-Normallösung herzustellen, muss man daher 63 g reine Oxalsäure mit Wasser genau auf 1 Liter auflösen, was geschieht, indem man 63 g Oxalsäure in einen 1 Liter Messkolben bringt, mit etwa ½ Liter Wasser von 15° C löst und dann mit Wasser von 15° C genau bis zur Marke auffüllt.

1 Liter dieser Oxalsäure-Normallösung entspricht dann

1 g	Wasserstoff (H)	Äquivalentgewicht	1.	Atomgew.	1.
35.5 „	Chlor (Cl.)	„	35.5	„	35.5
40.0 „	Natriumhydrat (NaHO)	„	40.0	Mol.-Gew.	40.0
40.0 „	Schwefelsäure (SO_3)	„	40.0	„	80.0
22.0 „	Kohlensäure (CO_2)	„	22.0	„	44.0
31.0 „	Natriumoxyd (Na_2O)	„	31.0	„	62.0

u. s. w.

Es werden auch konzentriertere und verdünntere Normallösungen verwendet, diese enthalten dann ein Mehrfaches oder einen Bruchteil des Äquivalentes in Gramm im Liter — z. B.

Oxalsäure-Doppel-Normallösung:

$2 \times 63 = 126$ g Oxalsäure in 1 Liter.

Oxalsäure-Zehntel-Normallösung:

$63 : 10 = 6.3$ g Oxalsäure in 1 Liter.

Untersuchung der Luft.

Die atmosphärische Luft ist ein Gemenge von Stickstoff, Sauerstoff und etwas Kohlensäure in beinahe unveränderlichen Verhältnissen, gemengt mit veränderlichen Mengen Wasserdampf. Durch Zersetzung organischer Substanzen, durch das Leben von Tieren und Pflanzen, durch Gewerbebetriebe u. s. w. kann stellenweise der Gehalt der Luft an Kohlensäure erhöht werden und ebenso können geringe Mengen anderer Gase in die Luft gelangen.

Die Bestimmung von Sauerstoff und Stickstoff hat, wenigstens bis jetzt, ein untergeordnetes hygienisches Interesse.

Ozon,

Ozon

das als aktiver Sauerstoff eine Bedeutung für die Reinheit der Luft besitzt, wird folgendermassen nachgewiesen:

Man bereitet sich Jodkaliumstärkekleister, indem man 1 g Jodkalium und 10 g Kartoffelstärke mit 200 g Wasser zu einem Kleister kocht, auf 1000 ccm verdünnt und mit dieser Lösung Filtrierpapierstreifen tränkt und trocknet.

Diese Streifen bringt man mit Wasser angefeuchtet in die zu untersuchende Luft: Ozon macht aus dem Jodkalium das Jod frei und dieses bildet mit der Stärke blaue Jodstärke; wenn also eine Bläuung des „Ozonpapiers" eintritt und die Gegenwart von Chlor, Wasserstoffsuperoxyd, salpetriger Säure und direktem Sonnenlicht, welche ebenfalls Jod freimachen, ausgeschlossen ist, so ist Ozon vorhanden.

Die Stärke der Bläuung giebt einen Masstab für den Ozongehalt der Luft. (Schönbeinsche Skala.)

Kohlensäure.

Kohlensäure

Die Kohlensäure ist als weit verbreitetes Gas auch hygienisch von Wichtigkeit. Sie tritt auf bei der Respiration, der Fäulnis und Verwesung organischer Stoffe, bei der Verbrennung und Beleuchtung, bei vielen gewerblichen Betrieben u. s. w. — sie ist ferner ein Masstab für die Verderbnis der Luft in von Menschen oder Tieren bewohnten Räumen.

Endlich gründet sich auf eine genaue Kohlensäurebestimmung noch eine Methode zur Bestimmung der Ventilationsgrösse.

Pettenkofers Methode

Die vorzüglichste Methode zur Bestimmung der Kohlensäure in der Luft ist die von Pettenkofer vorgeschlagene.*)

Bestimmung der Kohlensäure in der Luft
nach Pettenkofer.

Dieselbe gründet sich auf folgendes Verhalten der Kohlensäure:

---

*) Abhdl. der naturwissensch. u. techn. Kommiss. d. k. b. Akad. d. Wissensch. II. 1.

Schüttelt man Barytwasser, d. i. eine Auflösung von Baryumhydrat in Wasser mit kohlensäurehaltiger Luft, so bildet die Kohlensäure mit dem gelösten Barythydrat unlösliches Baryumkarbonat und die Flüssigkeit enthält eine der vorhandenen Kohlensäuremenge entsprechende Menge Barythydrat weniger, und ist durch das ausgeschiedene unlösliche Baryumkarbonat getrübt.

Kennt man nun ein Mittel, den Gehalt des Barytwassers an Baryumhydrat vor und nach dem Schütteln mit kohlensäurehaltiger Luft zu bestimmen, so lässt sich aus der Differenz die Kohlensäure leicht berechnen.

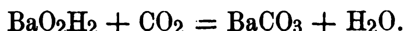
Ein solches Mittel ist Oxalsäure, welches auf Barytwasser dieselbe chemische Wirkung ausübt, wie Kohlensäure.

Man hat daher nur zu bestimmen, wieviel Oxalsäure man zur völligen Neutralisation einer gewissen Menge Barytwasser braucht, dann eine gleich grosse Menge Barytwasser mit kohlensäurehaltiger Luft zu schütteln und nun zu messen, wieviel Oxalsäure das Barytwasser noch nach dem Schütteln mit Luft zur völligen Neutralisation des Barythydrats braucht.

Bereitung der Lösungen.

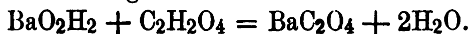
1. Oxalsäurelösung.

Lässt man Kohlensäure auf Barythydrat wirken, so geht der durch folgende chemische Gleichung veranschaulichte Prozess vor sich:



$$BaO_2H_2 + CO_2 = BaCO_3 + H_2O.$$

Ersetzt man die Kohlensäure durch Oxalsäure, so lautet die Gleichung:



$$BaO_2H_2 + C_2H_2O_4 = BaC_2O_4 + 2H_2O.$$

Es übt somit 1 Molekül Oxalsäure dieselbe chemische Wirkung aus, wie 1 Molekül Kohlensäure, d. h.

:alsäure-lösung

ein Molekül Oxalsäure ist äquivalent einem Molekül Kohlensäure.

Von dieser Thatsache ausgehend, kann man die Gewichtsmengen, in denen beide Säuren einander ersetzen können, leicht berechnen.

1 Molekül Kohlensäure (CO_2) entspricht für

$$\begin{array}{r} C = 12 \\ 2\,O = 32 \\ \hline CO_2 = 44 \end{array}$$ Gewichtsteilen.

1 Molekül reine Oxalsäure ($C_2H_2O_4 + 2\,H_2O$) entspricht für 2 C 24

6 H 6

6 O 96

$C_2H_2O_4 + 2\,H_2O$ . . . . 126 Gewichtsteilen.

Es neutralisieren somit 126 mg Oxalsäure ebensoviel Barythydrat wie 44 mg Kohlensäure.

Nun soll die Oxalsäurelösung so bereitet werden, dass 1 ccm = 0.25 ccm Kohlensäure (bei 0° und 760 mm gemessen) ist.

Man weiss, dass 126 mg Oxalsäure gleich 44 mg Kohlensäure sind, hat also zu berechnen, wie viel ccm diese 44 mg Kohlensäure entsprechen.

Es ist 1 mg Kohlensäure = 0.5084 ccm Kohlensäure (bei 0° und 760 mm gemessen),

folglich sind

44 mg Kohlensäure = 44 × 0.5084 ccm Kohlensäure
= 22.3696 ccm „

Somit entsprechen auch 126 mg Oxalsäure 22.3696 ccm Kohlensäure; würden also diese 126 mg Oxalsäure in 1 ccm Wasser gelöst, so entspräche 1 ccm 22.3696 ccm Kohlensäure.

Nun soll aber 1 ccm Oxalsäurelösung nur 0.25 ccm Kohlensäure entsprechen, man hat daher den Ansatz:

$$22.3696 : 126 = 0.25 : x,$$

woraus $x = \frac{0.25 \times 126}{22.3696}$ mg

$= 1.405$ mg Oxalsäure.

Löst man also 1.405 mg Oxalsäure zu 1 ccm oder
1.405 g „ „ 1000 ccm (1 l)
so entspricht 1 ccm dieser Oxalsäurelösung 0.25 ccm Kohlensäure (bei 0° und 760 mm gemessen).

Man wägt 1.405 g reinster krystallisierter Oxalsäure auf einem Uhrglas ab, bringt sie ohne Verlust in einen 1 Liter-Messkolben, löst die Krystalle mit etwa $^1/_2$ Liter destilliertem Wasser, füllt dann bei 15 ^{0} C genau bis zur Marke auf und mischt gut durch.

Die Lösung ist in dunklen, schwarzen oder braunen Flaschen vor Licht geschützt aufzubewahren, da sie sich sonst bald zersetzt.

2. Barytwasser.

rytwasser

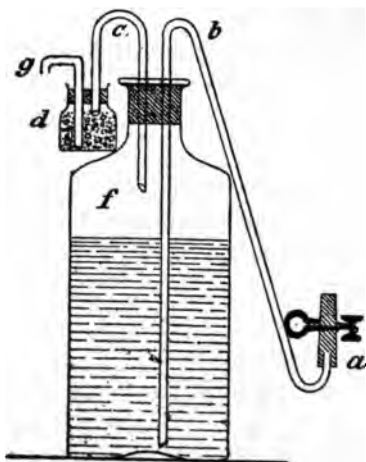
Das Barytwasser ist eine Lösung von Baryumhydrat in Wasser, es soll so stark sein, dass 25 ccm desselben ungefähr 25 ccm der obigen Oxalsäurelösung gleich sind.

Zu dem Behufe löst man 3.5 g reines, alkalifreies Baryumhydrat in 1 Liter destilliertem Wasser und lässt das etwa vorhandene kohlensaure Baryum absetzen.

Für den Fall, dass das Baryumhydrat nicht völlig alkalifrei sein sollte, setzt man auf 1 Liter 0.2 g Baryumchlorid zu.

Das Barytwasser muss gegen Kohlensäure geschützt aufbewahrt werden. Zu dem Zwecke schliesst man die Aufbewahrungsflasche (Fig. 34 *f*) mit einem doppelt durchbohrten Gummipfropfen. Durch die eine Bohrung geht ein Glasrohr *b* bis nahe auf den Grund der Flasche; aussen ist es mit einem Gummischlauch und mit einem Quetschhahn *a* verschlossen. Durch die andere Bohrung steht die Flasche mittelst Glasröhre *c*, welche unter dem Stopfen mündet, in Verbindung mit einem

Fig. 34.



Absorptionskölbchen *d*, das mit kalihydrathaltigem Bimsstein gefüllt ist und durch ein offen in die Luft mündendes, auf den Boden des Kölbchens führendes Glasrohr *g* den Eintritt der Luft gestattet.

Zur Entnahme des Barytwassers steckt man die Spitze einer Pipette in das Schlauchstück des Rohres *b*, saugt unter Öffnen des Quetschhahns *a* 4—5 ccm in die Pipette und spült damit dieselbe aus Dann setzt man die Pipette wieder in den Schlauch und saugt, bis die Pipette über den Teilstrich gefüllt ist. Die nachdringende Luft muss, ehe sie in die Flasche *f* gelangen kann, das Absorptionskölbchen durchstreichen und wird hiebei durch das Kalihydrat von der Kohlensäure befreit. Man schliesst nun den Quetschhahn, drückt die Spitze des angefeuchteten Zeigefingers auf das obere Ende der Pipette, nimmt diese aus dem Schlauch und lässt bis zur Marke abtropfen.

3. Indikatorlösung.

Als Indikator für die Reaktion der aufeinander wirkenden Flüssigkeiten benützt man Rosolsäurelösung (Korallin.)

Die alkoholische neutrale Lösung der Rosolsäure ist orangerot, bei Zusatz der geringsten Spur Säure wird die Lösung gelb, bei Zusatz von Alkali aber rot.

Man löst 1 g Rosolsäure in 500 ccm Alkohol von etwa 80 Volum % (spez. Gewicht bei 15° C 0.864); diese Lösung ist sauer. Man setzt daher soviel Barythydratlösung zu, bis die Farbe gerade an die Grenze von Rot kommt.

Als Indikator ist ferner empfehlenswert Phenolphtaleïn.

Die alkoholische Lösung desselben (1 : 30) ist farblos, sie wird durch die geringste Spur Alkali prächtig und tief violetrot gefärbt, beim Neutralisieren mit Säure abe wieder farblos.

Ausführung der Methode.

Man braucht

1. eine geaichte Flasche von ca. 5 Liter Inhalt.

Die Flasche wird gut gereinigt, völlig getrocknet

und leer gewogen. Dann füllt man dieselbe gestrichen voll mit destilliertem Wasser von 15 ° C und wägt wieder. Die Gewichtszunahme in g ist gleich dem Inhalt der Flasche in ccm; z. B.:

Flasche mit Wasser gefüllt . .	6150 g
„ leer	1050 g
Inhalt der Flasche . .	5100 g

oder 5100 ccm.

Diese geaichte und getrocknete Flasche verschliesst man mit einer Kautschukkappe und bringt sie an die Stelle, an der man eine Kohlensäurebestimmung ausführen will. Man bläst nun

2. mit einem Blasebalg, an dessen Mundstück ein Schlauch angebracht ist, die Luft mit etwa 100 Stössen in die Flasche, hütet sich aber davor, Ausatmungsluft einzublasen. Die Flasche wird nun mittelst der Kautschukkappe verschlossen und gleichzeitig wird die Temperatur des Raumes sowie der Barometerstand und die Temperatur am Barometer abgelesen.

Das Thermometer muss mindestens eine Viertelstunde schon an der Stelle der Luftentnahme sich befunden haben, das Barometer kann an einer anderen Stelle des betreffenden Ortes abgelesen werden.

3. Barytwasser.

Man saugt nun aus der Flasche, welche das Barytwasser von bestimmtem Gehalt enthält, 100 ccm mit einer Vollpipette auf und lässt dieselben, indem man die Kautschukkappe lüftet, in die mit Luft gefüllte Flasche fliessen.

Der letzte Tropfen darf natürlich nicht durch Ausblasen entfernt werden. Die Ausflussspitze der Pipette muss möglichst tief in die Flasche gebracht werden.

Man schliesst dann die Kautschukkappe wieder und schüttelt 15 Minuten lang das Barytwasser in der Flasche sanft hin und her, wodurch alle Kohlensäure absorbiert wird.

Man giesst nun die trübe Flüssigkeit (das klare Barytwasser ist getrübt durch ausgeschiedenen weissen kohlensauren Baryt) mittelst

4. eines kleinen Trichters in ein Fläschchen von 150 ccm Inhalt mit Glasstöpsel und lässt darin den kohlensauren Baryt absitzen, was nach 3—6 stündigem ruhigem Stehen geschehen ist.

Es macht keinen Fehler, dass beim Uebergiessen etwas Barytwasser in der Flasche zurückbleibt.

Man nimmt dann vom klaren Barytwasser vorsichtig, so dass man den Bodensatz nicht wieder aufrührt, mittelst

5. einer 25 ccm Pipette 25 ccm heraus, lässt in ein Kölbchen laufen und titriert mit der beschriebenen Oxalsäurelösung.

Das Herausnehmen geschieht, indem man die Pipette in das klare Barytwasser taucht und letzteres langsam bis über die Marke ansaugt. Man schliesst dann das obere Ende der Pipette mit der Zunge. hebt die Pipette aus dem Barytwasser und schliesst deren unteres Ende mit dem Zeigefinger der freien Hand. Nun schliesst man das obere Ende mit dem befeuchteten Zeigefinger und lässt das Barytwasser bis zur Marke abtropfen.

Während des Absitzens des Barytwassers titriert man das zum Versuche verwendete Barytwasser mit der beschriebenen Oxalsäurelösung, um dessen Gehalt an Baryumhydrat zu ermitteln.

Man füllt eine Bürette in der Seite 61 angegebenen Weise mit der Oxalsäurelösung von bekanntem Gehalt und stellt auf 0 ein. Dann misst man mit einer Vollpipette 25 ccm des Barytwassers ab, lässt in ein Kölbchen fliessen und setzt 5 Tropfen der Rosolsäurelösung, welche als Indikator dient, zu; die Flüssigkeit wird dadurch schön rot.

Man lässt nun aus der Bürette solange unter Umschütteln des Kölbchens Oxalsäurelösung zufliessen, bis die rote Farbe verschwunden und eine rein gelbe Farbe eben aufgetreten ist.

Es ist jetzt aller Baryt als oxalsaurer Baryt neutralisiert, der geringste Säureüberschuss bewirkt dann die Gelbfärbung.

Man wiederholt den Versuch, indem man die im ersten Versuche ermittelte Menge Oxalsäurelösung bis auf 1 ccm auf einmal zufliessen lässt und dann tropfenweise zufügt, bis eben wieder Gelbfärbung eintritt.

Der im zweiten Versuch ermittelte Verbrauch ist der Titer von 25 ccm Barytwasser vor dem Schütteln mit Luft.

In genau derselben Weise titriert man 25 ccm des klar abgesetzten, mit Luft geschüttelten Barytwassers und erhält dadurch den Titer von 25 ccm Barytwasser nach dem Schütteln mit Luft.

Die Differenz im Verbrauch an Oxalsäurelösung vor und nach dem Schütteln des Barytwassers mit Luft lässt die Menge Kohlensäure berechnen, die in der abgemessenen Luftmenge enthalten war.

Die Oxalsäurelösung ist so eingestellt, dass

1 ccm = 0.25 ccm Kohlensäure, gemessen bei 0° C und 760 mm Barometerstand. (Bereitung S. 70.)

tion eines olumens ' u. 760

Da man aber das Luftvolumen der Flasche unter anderen Temperatur- und Luftdruckverhältnissen gemessen hat, so muss man dasselbe ebenfalls auf 0° C und 760 mm Druck reduzieren und kann dann erst den wahren Gehalt der Luft an Kohlensäure in stets vergleichbaren Werten ausdrücken. Dies geschieht nach folgenden Formeln:

Reduktion eines Gasvolumens auf 760 mm Druck.

ition auf 0°

Da Volumen und Druck einander umgekehrt proportional sind, so hat man z. B. bei 1 Atmosphäre Druck 1 Liter Luft und bei 4 Atmosphären $^1/_4$ Liter Luft; oder allgemein ausgedrückt, wenn man bei b mm Druck das Volumen v hat, so erhält man das Volumen (v_{760}) bei 760 mm Druck nach der Gleichung:

$$v : v_{760} = 760 : b \text{ (und nicht wie } b : 760)$$

$$\text{woraus } v_{760} = \frac{v \times b}{760}; \text{ d. h.}$$

man multipliziert das ursprüngliche Volumen mit dem beobachteten Barometerstand und dividiert das Produkt durch 760.

Reduktion eines Gasvolumens auf 0°.

Durch Versuche hat man gefunden **Reduktion auf 760 mm**

1. Dass ein Gasvolumen von 0° bis 100° C erwärmt, sich um 0.366 Volumen ausdehnt;
2. dass diese Ausdehnung für je 1° C dieselbe ist, also für jeden ° C 0.00366;

   0.00366 ist also der Ausdehnungskoëffizient der Gase.
3. Dieser Ausdehnungskoëffizient ist für alle Gase gleich.

Hat man daher bei 0° C das Volumen 1 ccm, so ist dasselbe bei 1° C $1 + 0.00366$

„ 2° C $1 + 0.00366 \times 2$

„ 10° C $1 + 0.00366 \times 10$

„ t° C $1 + 0.00366 \times t$

d. h. die Volumeinheit bei 0° hat bei t° das Volumen

$$(1 + 0.00366 \times t) \text{ ccm.}$$

Hat man nun bei t° nicht $(1 + 0.00366 \times t)$ ccm, sondern das Volumen v_1 gemessen, so findet man dessen Volumen v_0 bei 0° C nach der Gleichung:

$$(1 + 0.00366 \times t) : 1 = v_1 : v_0, \text{ woraus}$$

$$v_0 = \frac{v_1 \times 1}{1 + 0.00366 \times t}$$

Zur Vereinfachung der Reduktionsrechnungen hat Dr. A. Baumann Tafeln berechnet, welche durch eine einzige Multiplikation das Volumen bei 0° und 760 mm ergeben. Die sehr zweckmässig eingerichteten Tafeln zur Gasometrie sind 1885 bei M. Rieger in München erschienen.

Nachdem das angewandte Luftvolumen auf 0° und 760 mm reduziert ist, kann man die unter denselben Verhältnissen gemessene Kohlensäure in Promille umrechnen, d. h. man berechnet, wieviele Teile Kohlensäure auf 1000 Teile Luft treffen.

Die Gesammtausführung der Methode ergiebt sich am besten aus folgendem Beispiel:

ıahme der Luft

1. Entnahme der Luft im Freien.

Die benützte Flasche fasst nach der Aichung 3914 ccm, sie wird mit der zu untersuchenden Luft gefüllt durch Einblasen mit einem Blasebalg.

Die Temperatur der Luft ist . . 24.2° C,
der Barometerstand . . . 718 mm,
die Temperatur am Barometer 20° C.

ɔrption der hlensäure

2. Es werden nun 100 ccm Barytwasser in die Flasche gegeben, dadurch werden natürlich 100 ccm Luft aus der Flasche verdrängt, das wirkliche Luftvolumen ist also nur (3914 — 100) ccm = 3814 ccm.

Nach 15 Minuten langem Schütteln der mit einer Kautschukkappe verschlossenen Flasche wird die trübe Flüssigkeit in ein gut verschliessbares Absetzgläschen von 120 — 130 ccm Inhalt gegossen und drei Stunden ruhig beiseite gestellt.

ᵵerstellung des rytwassers

3. Es werden 25 ccm Barytwasser aus der Vorratsflasche entnommen und unter Benützung von Rosolsäure mit Oxalsäurelösung, wovon 1 ccm = 0.25 ccm Kohlensäure von 0° und 760 mm, titriert. Man braucht bis zur Gelbfärbung 24.7 ccm Oxalsäurelösung, somit 25 ccm Barytwasser vor dem Schütteln = 24.7 ccm Oxalsäurelösung.

Titrieren

4. Vom geklärten Barytwasser werden vorsichtig in der auf Seite 75 beschriebenen Weise 25 ccm entnommen und ebenso mit Oxalsäurelösung titriert.

25 ccm Barytwasser nach dem Schütteln = 23.5 ccm Oxalsäurelösung.

Die Differenz im Oxalsäureverbrauch für 25 ccm

Barytwasser vor und nach dem Schütteln mit Luft ist also 24.7 —23.5 = 1.2 ccm Oxalsäurelösung, d. h. aus 25 ccm Barytwasser ist soviel Baryt ausgefällt worden durch Kohlensäure, als 1.2 ccm Oxalsäurelösung entspricht.

Nun ist 1 ccm Oxalsäurelösg. = 0.25 ccm Kohlensäure, **Berechnung der Kohlensäure**

also 1.2 „ „ $= \frac{1.2 \times 0.25}{1}$ „

$= 0.3$ ccm „

Aus 25 ccm Barytwasser ist somit soviel Baryt ausgefällt worden, als 0.3 ccm Kohlensäure entspricht.

Da aber nicht 25 ccm Barytwasser in die Flasche gegeben wurden, sondern 100 ccm = 4 × 25 ccm, so sind in der abgemessenen Luft 4 × 0.3 ccm = 1.2 ccm Kohlensäure enthalten; also in 3814 ccm Luft 1.2 ccm Kohlensäure.

Es ist aber die Kohlensäuremenge gemessen bei 0° C und 760 mm Druck, die Luft aber bei 24.2° C und 718 mm Druck bei 20° C. Da Kohlensäure und Luft also unter verschiedenen Verhältnissen gemessen sind, so kann man sie nicht ohne weiteres in Verhältnis setzen, sondern muss erst das Luftvolumen auf 0° C und 760 mm reduzieren. **Reduktion des Luftvolumens**

Dies geschieht in drei Abteilungen:

a) Reduktion des Barometerstandes auf 0° C nach der Seite 25 entwickelten Formel ist

$$b_0 = 718 - 718 \times 20 \times 0.00018$$
$$= 718 - 2.6$$
$$= 715.4 \text{ mm.}$$

b) Reduktion des Luftvolumens (zu 3814 ccm bei 715.4 mm red. Druck gemessen) auf 760 mm.

Nach dem auf Seite 76 entwickelten Ansatz ergibt sich das Verhältnis

$$3814 \text{ ccm} : v_{760} = 760 : 715.4,$$

woraus $v_{760} = \frac{3814 \times 715.4}{760} = \frac{27285.1}{760} = 3590.2$ ccm.

c) Reduktion des Luftvolumens auf 0° C.

Nach der Entwicklung auf Seite 77 ergiebt sich folgender Ansatz:

Die 3590.2 ccm unter 760 mm Druck sind gemessen bei 24.2° C.

$$3590.2 : v_0 = (1 + 24.2 \times 0.00366) : 1, \text{ woraus}$$

$$v_0 = \frac{3590.2 \times 1}{1 + 24.2 \times 0.00366} \text{ ccm}$$

$$= \frac{3590.2}{1.08857}$$

$$= 3298 \text{ ccm.}$$

Die allgemeine Reduktionsformel, aus b) und c) kombiniert, würde lauten $v_0 = \frac{3814 \times 715.4}{760 \times (1 + 24.2 \times 0.00366)} \text{ccm} = 3298 \text{ccm}$

Das Luftvolumen, welches bei 718 mm Druck bei 20° C und 24.2° C Temperratur 3814 ccm misst, ist bei 760 mm und 0° C gemessen gleich 3298 ccm.

Um nun den Kohlensäuregehalt der Luft in Permille auszudrücken, ergiebt, da 3298 Teile Luft 1.2 Teile Kohlensäure enthalten, der Ansatz:

$$3298 : 1000 = 1.2 : x,$$

$$\text{woraus } x = \frac{1000 \times 1.2}{3298} \text{‰}$$

$$= 0.364 \text{‰}.$$

Die untersuchte Luft enthält also in 1000 ccm 0.364 ccm Kohlensäure.

Ausser der massanalytischen Kohlensäurebestimmungsmethode von Pettenkofer sind noch eine Reihe anderer, teils gewichts- oder massanalytischer, teils annähernder optischer Methoden vorgeschlagen worden.

Diese letzteren Methoden können auf wissenschaftliche Genauigkeit einen Anspruch nicht machen, weshalb von ihrer Beschreibung abgesehen werden kann, die ersteren aber erfordern zum Teil sehr komplizierte Apparate und geben keine genaueren Resultate als die Pettenkofersche Methode.

Verunreinigungen der Luft.

Die Luft als Gemenge von Sauerstoff, Stickstoff, Wasserdampf und Kohlensäure kann häufig in abgegrenzten Räumen oder auch auf weitere Strecken durch andere Stoffe verunreinigt sein; insbesondere ist es der Staub, das Abreibsel von organischen und anorganischen Stoffen, durchsetzt mit organisirten Lebewesen, der nahezu überall als Verunreinigung der Luft auftritt, ferner können als Atmungsprodukte überreiche Mengen Kohlensäure und die „Atmungsgifte“, als Zersetzungsprodukte Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, als Verbrennungsprodukte Kohlensäure, Kohlenoxyd, schweflige Säure, Rauch, aus technischen Betrieben Säuredämpfe, Chlor, Ammoniak, schweflige Säure u. s. w., Quecksilber, in die Luft gelangen und durch ihr Auftreten in abgeschlossenen Räumen zu schweren Gesundheitsschädigungen und Tod führen.

Die Prüfung und die Bestimmung dieser Verunreinigungen wird sich stets mehr oder minder nach den Verhältnissen richten müssen.

Die üblichen Methoden sind folgende:

1. Bestimmung des Staubes:

Bestimmung des Staubes

Man bringt in ein Allihn'sches Filterröhrchen ein Bäuschelchen reinen, geglühten, faserigen Asbest, den man im Röhrchen vor der engen Öffnung zu einem lockeren Pfropf formt, trocknet bei 100° C, lässt im Exsiccator erkalten und wägt, verbindet dann das enge Röhrchen mit einer Gasuhr und diese mit einem Aspirator (Seite 58) oder einer Luftpumpe und saugt nun die zu untersuchende Luft durch das Röhrchen, indem man ihr Volumen an der Gasuhr misst.

Man trocknet nun das Röhrchen neuerdings bei 100° C, lässt im Exsiccator erkalten und wägt; die Gewichtszunahme ist gleich dem in der durchgesaugten Luft enthaltenen Staub.

Zur Bestimmung der organischen Substanz bringt

man den Asbest mit Staub in eine geglühte gewogene Platin- oder Porzellanschale, wägt ab, glüht bis die Kohle verbrannt ist, ersetzt die entwichene Kohlensäure durch Übergiessen mit Ammonkarbonatlösung, dampft zur Trockne ein und glüht wieder gelinde. Der Gewichtsverlust ist dann annähernd gleich der im Staub enthaltenen organischen Substanz.

Die Methode Uffelmanns (Archiv für Hygiene. 1888. S. 270) zur Bestimmung der organischen Substanzen in der Luft gründet sich auf die Oxydation derselben durch Kaliumpermanganat.

Man leitet 20 Liter Luft durch 2 Peligotsche Röhren, deren erste verdünnte Schwefelsäure, deren zweite verdünnte Kalilauge enthält, giesst beide Flüssigkeiten zusammen und titriert in saurer Lösung mit Kaliumpermanganatlösung nach der im Kapitel „Wasser“ beschriebenen Methode.

2. Kohlenoxyd.

Kohlenoxyd

Das Kohlenoxyd ist ein farbloses, sehr giftiges Gas, welches bei unvollständiger Verbrennung organischer Stoffe oder der Kohle oder durch Zersetzung der Kohlensäure durch glühende oxydierbare Körper entsteht. Zu seiner Bildung ist in den Zimmeröfen bei geschlossenem oder ungenügendem Zug sehr häufig Anlass gegeben.

Ferner bildet Kohlenoxyd einen wesentlichen Bestandteil des Leuchtgases (5—20%) und besonders des sogenannten Wassergases (bis 30%).

Der Nachweis des Kohlenoxyds erfolgt, indem man damit gemischte Luft entweder auf angefeuchtetes, mit Palladiumchlorür getränktes Papier wirken lässt, wodurch Schwärzung desselben eintritt, oder sicherer, indem man das Kohlenoxyd an Blut bindet, was leicht und sicher erfolgt, und nun das Kohlenoxyd im Blut entweder

a) auf spektroskopischem Wege oder

b) auf chemischem Wege nachweist.

Es werden 10 ccm frisches Blut mit 40 ccm Wasser verdünnt und in eine Flasche von 6—10 Liter Inhalt gegossen, welche man mittelst eines Blasebalges wie bei Kohlensäurebestimmung (Seite 74) mit der zu untersuchenden Luft füllt.

Man verschliesst dann die Flasche mit einer Kautschukkappe und schüttelt 15—20 Minuten lang zeitweilig um, damit alles Kohlenoxyd vom Blut absorbiert wird.

Wirkung auf Blut

Das Kohlenoxyd verdrängt aus dem im Blut enthaltenen Oxyhämoglobin den Sauerstoff und bildet Kohlenoxydhämoglobin.

Spektroskopischer Nachweis

Das Kohlenoxydhämoglobin zeigt ein spektroskopisches Verhalten, das von dem des Oxyhämoglobins verschieden ist. Zur Untersuchung verdünnt man 10 Tropfen sowohl von normalem, als auch mit Kohlenoxydluft geschütteltem Blut auf etwa 20 ccm und bringt es vor den Spalt eines Spektralapparates. (Taschenspektroskope sehr brauchbar.) (Fig. 35.)

Oxyhämoglobin, also normales Blut, zeigt in Gelb und Grün, also zwischen den Fraunhoferschen Linien D und E (b) zwei Absorptionsstreifen mit scharfen Rändern.

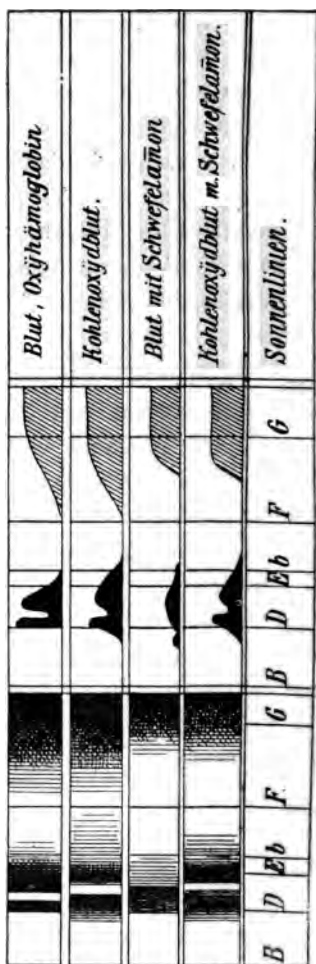
Kohlenoxydhämoglobin zeigt diese Streifen ebenfalls, sie liegen jedoch näher beisammen und besitzen verwaschene Ränder.

Zur absoluten Unterscheidung bedient man sich jedoch des Verhaltens der beiden zu Reduktionsmitteln, z. B. Schwefelammon. Es wird nämlich Oxyhämoglobin sofort reduziert, nicht aber das beständigere Kohlenoxydhämoglobin. Dieses Verhalten kennzeichnet sich scharf im Spektralapparat.

Man setzt zu dem stark verdünnten Blut 1 bis 2 Tropfen Schwefelammon, schüttelt gelinde um und prüft neuerdings vor dem Spektroskop.

Reduziertes Oxyhämoglobin zeigt nur mehr einen sehr stark verwaschenen Absorptionsstreifen, der etwa

Fig. 35.



in der Mitte zwischen den beiden Streifen des Hämoglobins liegt.

Das mit Schwefelammon versetzte Kohlenoxydhämoglobin zeigt hingegen die beiden verwaschenen Streifen in beinahe unveränderter Gestalt.

roskope Bei den Spektroskopen, welche in verschiedener Konstruktion erhältlich sind und in einem verdunkelten Zimmer aufgestellt sein müssen, wird ein durch einen Spalt einfallender Lichtstrahlenbündel durch eine Colimatorlinse gesammelt und durch ein Prisma gebrochen, der aufgelöste Strahl (Spektrum) wird dann durch ein Fernrohr betrachtet. Im reinen Sonnenlicht erscheinen im Spektrum dunkle Linien, die Fraunhoferschen Sonnenlinien, welche zur Ortsbezeichnung im Spektrum dienen:

in rot *A. a. B. C.*, in gelb *D.*, in grün *E. b. F.*, in blau *G. H* (in Fig. 35 teilw. dargestellt).

Man unterscheidet Emissionsspektren, welche durch das Glühen eines Körpers in einer nicht leuchtenden Flamme erzeugt werden und helle Linien darstellen (Kali-Natron-Lithionlinien), und

Absorptionsspektren, welche durch die Absorption eines Teiles der Lichtstrahlen beim Durchgang durch Flüssigkeiten erzeugt werden und dunkle Streifen darstellen (Sonnenlinien, Hämoglobinspektren).

Die neuen Spektroskope besitzen Einrichtungen zum Vergleich

von zwei Spektren, wodurch jede Verschiedenheit deutlich sichtbar wird. Die brauchbarsten Instrumente sind die Taschenspektroskope nach Vogel[1]).

Litteratur: H. W. Vogel, Prakt. Spektralanalyse irdischer Stoffe. Berlin 1889.

Chemischer Nachweis

Um Kohlenoxyd chemisch nachzuweisen (event. zu bestimmen), zersetzt man das Kohlenoxydhämoglobin in dem mit der Luft geschüttelten Blut durch Erwärmen und leitet das Kohlenoxyd in eine Palladiumchlorürlösung (1 : 500).

Fodor[2]), welcher diese Methode angegeben hat, bringt das mit Kohlenoxydluft geschüttelte Blut in einen Kolben mit doppelt durchbohrtem Kork, durch den mittelst eines Aspirators Luft gesaugt wird. Die Luft wird erst durch ein Absorptionskölbchen mit Palladiumchlorür geleitet, um event. enthaltenes Kohlenoxyd oder andere Palladiumchlorür reduzierende Stoffe dort abzugeben, nimmt dann aus dem auf dem kochenden Wasserbad erwärmten Blut das Kohlenoxyd auf und wird nun zuerst durch ein Absorptionskölbchen mit Schwefelsäure, dann durch ein solches mit Bleiacetat geleitet, wo Ammoniak und Schwefelwasserstoff abgegeben werden, welche die Reaktion stören würden. Dann gelangt die Luft in das Absorptionskölbchen mit Palladiumchlorür, giebt dort das Kohlenoxyd ab und geht in den Aspirator über. Das Erwärmen des Blutes und das Darüberleiten von Luft muss mindestens 1/2 Stunde lang fortgesetzt werden.

Kohlenoxyd scheidet aus Palladiumchlorürlösung schwarzes, metallisches Palladium, oft als Häutchen, ab.

Während die spektroskopische Methode höchstens 2,5‰ Kohlenoxyd anzeigt, also eine Menge, die bedeutend die sanitär zulässige überschreitet, lassen sich mit der Fodorschen Methode noch 0,2‰ Kohlenoxyd erkennen.

Schärfer und beiweitem einfacher gestaltet sich die Unterscheidung von normalem und Kohlenoxydblut nach Welzel.

(Verhandlungen d. phys. med. Gesellschaft zu Würzburg 1889.)

Man schüttelt nämlich 10 ccm des zu untersuchen-

---

1) A. Krüss, Hamburg. Preis 48 ℳ.

2) Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl Gesundheitspfl. 12. 377.

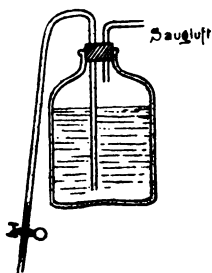
den Blutes mit 15 ccm einer 20prozentigen Ferrocyankaliumlösung und 2 ccm Essigsäure (1 vol. Eisessig, 2 vol. Wasser) sehr sanft durch und beobachtet die Farbe des entstehenden Koagulums. Bei normalem Blut ist dasselbe schwarzbraun, bei kohlenoxydhaltigem Blut aber intensiv kirschrot.

3. Sonstige gasförmige Bestandteile der Luft:

Die Bestimmung der übrigen Gase muss meistens, da dieselben kaum in so grossen Quantitäten auftreten, dass sie in einem abgemessenen kleinen Luftvolumen bestimmbar sind, dadurch erfolgen, dass man grössere Quantitäten Luft durch einen Aspirator oder eine Wasserluftpumpe ansaugt, sie zuerst durch ein Absorptionsmittel für das betreffende Gas, vielleicht auch vorher durch Waschvorrichtungen streichen lässt, und dann ihre Menge in einer hinter dem Absorptionsapparat eingeschalteten Gasuhr oder mittelst des Aspirators misst.

Die Aspiratoren sind Glasflaschen, welche mit einem doppelt durchbohrten Pfropf verschlossen werden; durch die eine Bohrung führt ein im Winkel gebogenes Glasrohr, das knapp unter dem Pfropf abschneidet und mit dem zu aspirierenden Apparat verbunden ist. Durch die andere Bohrung führt ein zweimal abgebogenes Glasrohr, das bis auf den Boden der Flasche reicht und aussen mit einem Gummischlauch mit Quetschhahn verbunden ist. Das ausser der Flasche befindliche Rohr nebst Gummischlauch muss, um als Heber wirken zu können, länger als das in der Flasche befindliche Rohrstück sein.

Fig. 86



Zum Gebrauch füllt man die Flasche mit Wasser, setzt den Pfropf mit den Röhren auf und saugt nun bei

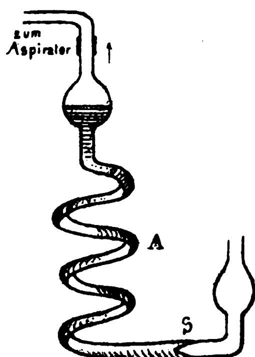
geöffnetem Quetschhahn an der Röhre, bis das Wasser zu derselben ausfliesst. Schliesst man den Quetschhahn, so bleibt die Röhre gefüllt und wirkt beim Wiederöffnen des Hahnes als Heber. Sitzt der Pfropf fest auf, so wird die nachdringende Luft durch die zweite Röhre eintreten, diese ist daher mit den zu aspirierenden Apparaten zu verbinden.

Wurde die Flasche mit Wasser vorher gewogen und geschieht dies nach dem Durchsaugen wieder, so ergiebt der Wägeverlust das ausgelaufene Wasser und damit das ausgesaugte Luftvolumen.

Wasserluftpumpen sind nur in gut eingerichteten Laboratorien verwendbar und machen eine Gasuhr erforderlich; man wird sie daher in der Praxis seltener anwenden.

Die Absorptionsapparate zur Aufnahme des Absorptionsmittels sind verschieden zu wählen; sie haben im Allgemeinen den Zweck zu erfüllen, die durchstreichende Luft in eine möglichst innige und oftmalige Mischung mit dem Absorptionsmittel zu bringen, ausserdem sollen sie leicht zu beschicken und zu entleeren sein.*)

Fig. 37.



Am besten absorbieren die von Emmerich konstruierten Apparate (Archiv für Hygiene Bd. I Seite 190), bestehend aus einem schlangenförmig gewundenen Rohr A, das mit dem Absorptionsmittel gefüllt wird und in welches die zu untersuchende Luft durch die feine Spitze S in feinen Perlen eintritt, eine Neukonstruktion der sog. Pettenkoferschen Absorptions-

*) Diesen Zweck erfüllen im Allgemeinen die Peligotschen Röhren; ein mit solchen zusammengestellter Absorptionsapparat ist im Kapitel „Heizung" abgebildet

röhre, welche eine innige Durchmischung von Luft und Absorptionsmittel unter bedeutender Wegverlängerung gestattet.

Wenn möglich, benützt man zur Absorption abgemessene Mengen titrierter Flüssigkeiten, die man nach dem Durchsaugen der Luft zurücktitriert.

a) Schwefelwasserstoff.

Schwefelwasserstoff ist qualitativ durch seinen charakteristischen Geruch nach faulen Eiern und durch Schwärzung eines angefeuchteten, mit Bleiacetatlösung durchtränkten Filtrierpapieres zu erkennen.

Zur quantitativen Bestimmung leitet man die Luft durch eine titrierte Jodlösung; der Schwefelwasserstoff zersetzt sich hiebei nach der Gleichung



$$H_2S + 2J = 2\ HJ + S.$$

Das nicht auf diese Weise gebundene Jod wird dann mittelst einer titrierten Lösung von unterschwefligsaurem Natron zurücktitriert, wobei als Indikator Stärkekleister zugesetzt ist, der sich mit Jod tiefblau färbt.



$$2\ Na_2S_2O_3 + 2\ J = 2\ NaJ + Na_2S_4O_6.$$

Man braucht

1. eine $^1/_{10}$ normale Jodlösung mit 12,685 g reinstem Jod in 1 Liter Wasser, gelöst mit Hilfe von 18 g reinem Jodkalium. 1 ccm = 1,7 mg Schwefelwasserstoff;
2. eine $^1/_{10}$ normale Lösung von unterschwefligsaurem Natron, hergestellt durch Auflösen von 24,808 g reinstem krystallisiertem unterschwefligsaurem Natron in 1 Liter Wasser. 1 ccm = 1,7 mg Schwefelwasserstoff.

Beide Lösungen sind vor Luft geschützt und gut verschlossen aufzubewahren.

3. frisch gekochten Stärkekleister: 1 g Kartoffelstärke gekocht in 100 ccm Wasser.

Man titriert 25 ccm der Jodlösung, die man mit 1 ccm Stärkekleister in ein Kölbchen bringt, mit der in der Bürette befindlichen Lösung von unterschwefligsaurem Natron, bis die tiefblaue Lösung eben farblos wurde und verfährt in gleicher Weise mit der Jodlösung, welche zur Absorption

diente. Die Differenz im Verbrauch an unterschwefligsaurem Natron wird auf Schwefelwasserstoff umgerechnet.

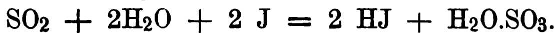
Der Wirkungswert beider Lösungen auf einander ist bei jedem Versuch neu festzustellen.

b) Schweflige Säure:

Schweflige Säure

Die schweflige Säure ist qualitativ durch ihren stechenden Geruch ausgezeichnet.

Ihre quantitative Bestimmung erfolgt durch Absorption durch Jodlösung, wodurch die schweflige Säure zu Schwefelsäure oxydiert wird.



$$SO_2 + 2H_2O + 2\,J = 2\,HJ + H_2O.SO_3.$$

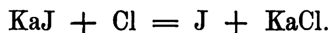
Man benützt zur Titerstellung und Titrierung die unter Schwefelwasserstoff beschriebenen Lösungen.

1 ccm der $^1/_{10}$ normalen Natriumthiosulfatlösung = 3,2 mg schweflige Säure.

c) Chlor:

Chlor

Man leitet die Luft durch eine Lösung von 1 g Jodkalium in 20 g Wasser, wodurch aus dem Jodkalium Jod frei wird.



$$KaJ + Cl = J + KaCl.$$

Das frei gewordene Jod wird dann in der unter Schwefelwasserstoff beschriebenen Weise mittelst einer $^1/_{10}$ normalen Lösung von unterschwefligsaurem Natron titriert.

1 ccm $^1/_{10}$ norm. Natriumthiosulfatlösung = 3,55 mg Chlor.

d) Salzsäuredämpfe:

Salzsäuredämpfe

Man erkennt die Anwesenheit von Salzsäure dadurch, dass die durch Silbernitratlösung, welche mit etwas Salpetersäure angesäuert ist, geleitete Luft einen weissen, am Licht violett werdenden Niederschlag von Chlorsilber erzeugt. Zur qantitativen Bestimmung leitet man die Luft durch $^1/_{10}$ norm. Natronlauge und titriert dann die nicht gesättigte Lauge mit $^1/_{10}$ norm. Schwefelsäure und Phenolphtaleïn als Indikator zurück.

e) Ammoniak.

mmoniak Qualitativ durch seinen Geruch erkennbar, sowie dadurch, dass an einem mit Salzsäure befeuchteten Glasstab weisse schwere Nebel von Chlorammon entstehen.

Die quantitative Bestimmung erfolgt durch Einleiten der Luft in $^1/_{10}$ norm. Schwefelsäure und Zurücktitrieren der nicht gebundenen Schwefelsäure mit $^1/_{10}$ norm. Ammoniak unter Benützung von Rosolsäure als Indikator.

III.

Chemische Untersuchung des Wassers.

Die Untersuchung des Wassers kann chemisch und bakteriologisch vorgenommen werden.

Entnahme einer Wasserprobe.

Wenn Wasser zur chemischen Untersuchung entnommen werden soll, so muss vor allem jeder möglichen Verunreinigung durch die Probenahme vorgebeugt werden. Zur Aufnahme des Wassers sollen nur Glasflaschen, wenn möglich neu und aus farblosem Glas, dienen; dieselben werden erst mit siedendem Wasser, dann mit kaltem Wasser und endlich an Ort und Stelle dreimal mit dem zu untersuchenden Wasser ausgespült. Probenahme

Äther und Alkohol dürfen zum Reinigen der Flaschen nicht verwendet werden.

Steinkrüge und Flaschen aus dunklem Glase eignen sich nicht, da man sich nie von der Reinheit derselben überzeugen kann.

Die Flaschen werden nahezu voll gefüllt, dann mit einem neuen Kork, den man mehrmals mit Wasser abgespült hat, gut verschlossen, mit Spagat überbunden, gesiegelt und etikettiert. Auf die Etikette notiert man:

1. Bezeichnung des Ortes und des Datums der Entnahme.
2. Temperatur des Wassers und der Luft in °C.

Für die Untersuchung, ob ein Wasser als Trink- oder Nutzwasser brauchbar ist, sind mindestens 2 Liter Wasser zu entnehmen, nach Umständen ist noch mehr Wasser erforderlich.

Quellwasser lässt man mittelst eines Trichters direkt in die Flaschen einlaufen, Flusswasser füllt man ein, indem man die Flasche verkehrt unter Wasser hält, die Mündung ca. 25 cm unter dem Spiegel, und dann umdreht; bei Pumpbrunnen hat man mindestens 10 Minuten lang zu pumpen, um alle Unreinigkeiten und das im Brunnenstock stehende Wasser zu entfernen, ehe man die Flasche füllt, und bei Schöpfbrunnen ist der Eimer mehrmals zu füllen und auszuspülen, ehe man eine Probe daraus nimmt.

Man beobachtet nun vor allem die äusseren Eigenschaften des Wassers und zwar

larheit

1. Klarheit. Das Wasser kann völlig klar, opalescierend oder trüb sein, die Trübung selber, welche durch suspendierte Stoffe hervorgerufen wird, kann stark oder schwach sein. Endlich kann das Wasser grössere Flocken, Fragmente organisierter Körper, Sand, lebende Organismen und sonstige suspendierte Stoffe oder Bodensätze enthalten. Die suspendierten Stoffe setzen sich bei ruhigem Stehen des Wassers ab, das über dem Niederschlag stehende Wasser kann dann klar abgegossen, oder mittelst Pipette oder Heber abgehoben werden.

'arbe

2. Farbe. Man bringt das Wasser in ca. 50 cm hohe Cylinder aus farblosem Glase, stellt dieselben auf weisses Papier und beobachtet die Farbe des Wassers, indem man von oben herab durch das Wasser sieht.

Am besten stellt man einen Cylinder mit absolut farblosem Wasser zum Vergleich daneben.

Falls in einem Wasser Reste organischer Stoffe oder deren Zersetzungsprodukte vorhanden sind, wird das Wasser stets lebende Organismen enthalten, deren kleinste selbst in reinem Quellwasser nicht völlig fehlen.

Die Untersuchung dieser lebenden Organismen zerfällt in zwei Abschnitte:

a) die bakteriologische Untersuchung,

b) die mikroskopische Untersuchung des Bodensatzes des Wassers.

Zur Untersuchung des Bodensatzes lässt man das Wasser in engen hohen Cylindern klar absetzen und untersucht dann den Bodensatz bei 300facher Vergrösserung, inwieweit derselbe mineralischer, pflanzlicher oder tierischer Natur ist.

3. Temperatur. Zur Bestimmung der Temperatur von Fluss- oder Brunnenwässern dient zweckmässig das unter Artikel „Boden" beschriebene langsam zeigende Thermometer mit Wasserbehälter, das man bis zum konstanten Stand im Wasser belässt. **Temperatur.**

Die chemische Untersuchung des Wassers kann eine qualitative oder eine quantitative sein.

Die Stoffe, welche im Wasser gelöst sind, können mit Rücksicht auf die hygienische Beurteilung desselben unterschieden werden in solche, welche im Wasser vorkommen dürfen, und in solche, welche aus später zu erörternden Gründen nicht darin enthalten sein sollen.

Bei den ersteren ist eine quantitative Bestimmung nötig, bei den letzeren genügt der qualitative Befund für die Beurteilung des Wassers.

In Wasser dürfen die folgenden Stoffe vorkommen:

a) Gase: Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure.

b) Salze mit den Basen: Kali, Natron, Kalk, Magnesia (Eisen).
„ mit den Säuren: Kohlensäure, Kieselsäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure.

c) Organische Stoffe.

Nicht vorkommen sollen

a) Gase: Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoffe und andere schädliche Gase.

b) Salze mit den Basen: Ammon, Blei, Kupfer, Zink.
„ mit den Säuren: Salpetrige Säure, Phosphorsäure.

A. Qualitative Untersuchung des Wassers.

1. Gase.

e Kohlensäure. Von den im Wasser vorkommenden Gasen beansprucht die freie Kohlensäure hygienisches Interesse. Der Nachweis erfolgt nach v. Pettenkofer:

Man versetzt 100 ccm Wasser mit 10 Tropfen Rosolsäurelösung, stellt das Glas auf weisses Papier und beobachtet die Farbe; wenn freie Kohlensäure vorhanden ist, so entfärbt sich die Rosolsäure zu gelb.

In Wässern, welche Magnesiumkarbonat enthalten, kann sich eine geringe Menge freier Kohlensäure der Entdeckung mittelst Rosolsäure entziehen. Es ist dies jedoch belanglos, weil diese geringen Mengen nicht zur Lösung von Blei, Eisen oder selbst Erdalkalien beitragen.

chwefelwasserstoff Schwefelwasserstoff giebt sich in Wässern durch den Geruch, besonders bei frisch geöffneten Flaschen zu erkennen; zum chemischen Nachweis erwärmt man das Wasser in einem Kolben, verschliesst den Hals lose mit einem Kork und klemmt zwischen Hals und Kork ein Streifchen angefeuchtetes, mit Bleiacetatlösung getränktes Filtrierpapier (Bleipapier). Wenn Schwefelwasserstoff vorhanden ist, färbt sich das Bleipapier infolge Bildung von Bleisulfid schwarz.

2. Gelöste Salze.

a) Säuren.

1. Kohlensäure an Basen gebunden kommt in Wasser in zwei Arten vor, nämlich als völlig gebundene (Monokarbonatkohlensäure) und als halb gebundene (Bikarbonatkohlensäure). Kohlensäure

Die Monokarbonate der Alkalien (Kali, Natron) sind in Wasser löslich, die der Erdalkalien (Kalk, Magnesia) nicht. An das an und für sich in Wasser unlösliche einfach kohlensaure Erdalkali tritt jedoch ein zweites Molekül Kohlensäure und das Salz löst sich dann als doppelkohlensaures Salz (Bibarkonat) in Wasser. Bikarbonate

Die halbgebundene Kohlensäure wird nachgewiesen, indem man das Wasser mit klarem Kalkwasser im Überschuss versetzt: es tritt dann die halbgebundene Kohlensäure an den Kalk und es entsteht eine weisse Fällung von Erdalkalimonokarbonaten:



$$CaH_2C_2O_6 + CaH_2O_2 = CaCO_3 + CaCO_3 + 2H_2O.$$

Durch Kochen des Wassers werden die Bikarbonate ebenfalls zerlegt, es entweicht die halbgebundene Kohlensäure und bildet sich Monokarbonat. Die Alkalimonokarbonate bleiben gelöst, Erdalkalimonokarbonat aber scheidet sich unlöslich ab:



$$CaH_2C_2O_6 = CaCO_3 + H_2O + CO_2.$$

Zum Nachweis der ganz gebundenen Kohlensäure dampft man das Wasser ein und versetzt den getrockneten Rückstand mit verdünnter Salzsäure. Kohlensäure entweicht unter Aufbrausen. Monokarbonatkohlensäure



$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2.$$

2. Kieselsäure. 250 ccm Wasser werden in einer Platinschale zur Trockne verdampft, der Rückstand mit einigen Tropfen Salzsäure gelöst und neuerdings verdampft. Löst man nun in verdünnter Salzsäure, so bleibt die Kieselsäure in Gestalt feiner, weisser Flocken unlöslich zurück und kann ausgewaschen, geglüht und gewogen werden. Kieselsäure.

hwefelsäure

3. Schwefelsäure. Man versetzt 50 ccm Wasser mit einigen Tropfen Salzsäure und 1 ccm Baryumchloridlösung — es wird dann die Schwefelsäure als unlösliches, schweres, weisses Baryumsulfat gefällt:



$$Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 + 2NaCl.$$

Chlor

4. Chlor. 50 ccm Wasser werden mit 5 Tropfen verdünnter Salpetersäure und einigen Tropfen Silbernitratlösung versetzt; es bildet sich unlösliches, weisses, flockiges Silberchlorid, das sich am Lichte violett färbt und im Überschuss von Ammoniak löslich ist:



$$NaCl + AgNO_3 = AgCl + NaNO_3.$$

petersäure

5. Salpetersäure: Man giebt in ein Reagensglas etwa 2 ccm konzentrierte Schwefelsäure und einige Kryställchen von Diphenylamin, löst letztere durch Umschütteln und schichtet dann vorsichtig 10 Tropfen Wasser auf die Schwefelsäure. Bei Gegenwart von Salpetersäure bildet sich an der Berührungsschichte eine Blaufärbung, die beim Schütteln sich in der ganzen Flüssigkeit verteilt.

6. Salpetrige Säure. N_2O_3 (oder HNO_2.)

alpetrige Säure

In einen Cylinder aus farblosem Glas giebt man etwa 50 ccm Wasser, stellt den Cylinder auf weisses Papier, setzt 5 Tropfen konzentrierte Schwefelsäure und dann 1 ccm Jodzinkstärkelösung zu und schüttelt um: eine sofort auftretende Blaufärbung beweist Gegenwart von salpetrigsauren Salzen.

Die Schwefelsäure macht aus den salpetrigsauren Salzen (Nitriten) die salpetrige Säure frei, diese macht aus dem Jodzink das Jod frei und letzteres giebt mit dem Stärkekleister die bekannte blaue Färbung.



$$2KaNO_2 + H_2SO_4 = 2NO_2 + 2KaHSO_4$$



$$NO_2 + KaJ = KaNO_2 + J.$$

Die Reaktion muss vor Sonnenlicht geschützt ausgeführt werden, da dieses ebenfalls Jod frei macht, ausserdem ist nur eine sofortige Blaufärbung beweisend.

7. Phosphorsäure. 250 ccm Wasser werden in einer Platinschale auf 50 ccm eingedampft, mit Salpetersäure, die man tropfenweise zusetzt, schwach übersättigt und mit Ammonmolybdatlösung versetzt. Bei Gegenwart von Phosphorsäure bildet sich innerhalb 24 Stunden und unter 40° Temperatur ein gelber Niederschlag. **Phosphorsäure**

b) Basen.

1. Kalium und Natrium. Der qualitative Nachweis beider Elemente erfolgt im Spektralapparat, in dem sich Natrium durch die gelbe Linie D, Kalium durch die rote Linie A und die violette Linie $K\alpha\beta$ vor H kennzeichnet. Man dampft 250 ccm Wasser ein, löst den Rückstand in ein paar Tropfen Salpetersäure, befeuchtet mit dieser Lösung die Öse eines ausgeglühten Platindrahtes und bringt dieselbe in eine nicht leuchtende Flamme vor dem Spalt des Spektroskops. **Alkalien**

In Ermanglung eines Spektralapparates kann man die die Substanz enthaltende Platindrahtöse in die Flamme bringen und die Farbenveränderung der letzteren beobachten.

Natriumsalze färben die Flamme gelb, Kalisalze violett.

Bei Gegenwart von Kali und Natron wird die Violettfärbung durch die Gelbfärbung verdeckt; in diesem Falle absorbiert man die Natronfärbung durch ein vorgehaltenes blaues (sog. Kobalt)-Glas, eine durch Kali hervorgerufene Violettfärbung tritt dann deutlich hervor.

2. Calcium. 100 ccm Wasser werden in einem Becherglas mit Salzsäure bis zur sauren Reaktion versetzt, gekocht, dann mit Ammoniak alkalisch gemacht und mit 1 ccm Ammonoxalatlösung versetzt: es bildet sich ein weisser Niederschlag, der sich durch Kochen rasch zusammenballt. Der Niederschlag ist oxalsaurer Kalk (Calciumoxalat), der unlöslich in Essigsäure ist. **Calcium**

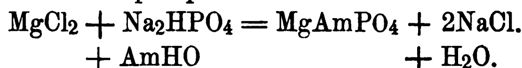


$$CaCl_2 + (NH_4)_2\ C_2O_4 = 2\,(NH_4)\ Cl + CaC_2O_4.$$

Falls sich nach Zusatz von Ammoniak ein Niederschlag ausscheidet, kann derselbe von Thonerde (weisse Flocken) oder Eisen (gelbe Flocken) herrühren. Man setzt dann Ammoniak in einigem Überschuss zu, kocht die Flüssigkeit bis zum Verschwinden des Ammoniakgeruches und filtriert vom Niederschlag ab.

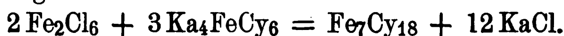
Die Lösung wird mit einigen Tropfen Ammoniak wieder alkalisch gemacht und der Kalk wie beschrieben daraus gefällt.

gnesium 3. Magnesium. Der Niederschlag von oxalsaurem Kalk wird abfiltriert, das Filtrat nochmals mit 10 Tropfen Ammonoxalatlösung versetzt, um zu sehen, ob aller Kalk ausgefällt war, und, falls es klar bleibt, mit 10 Tropfen Natriumphosphatlösung versetzt und mit einem Glasstab gut durchgerührt. Es bildet sich schon bei geringen Mengen sofort und selbst bei Spuren noch nach einigen Stunden ein weisser, krystallinischer Niederschlag von Magnesiumammonphosphat.



$$MgCl_2 + Na_2HPO_4 = MgAmPO_4 + 2NaCl.$$
$$+ AmHO \qquad\qquad + H_2O.$$

Eisen 4. Eisen. Der Rückstand von 250 ccm Wasser, in einer Porzellanschale abgedampft, wird in heisser, verdünnter Salpetersäure gelöst und mit 5 Tropfen Kaliumferrocyanidlösung versetzt; wenn eine Blaufärbung (oder bei geringen Mengen Grünfärbung) eintritt, beweist dies Gegenwart von Eisen:



$$2Fe_2Cl_6 + 3Ka_4FeCy_6 = Fe_7Cy_{18} + 12KaCl.$$

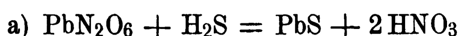
vermetalle 5. Schwermetalle. 5 Liter Wasser werden in einer Porzellanschale unter Zusatz von Salpetersäure und Ammonnitratlösung auf 50 ccm eingedampft, der Rest wird in ein Becherglas gespült und 10 Minuten lang Schwefelwasserstoffgas eingeleitet.

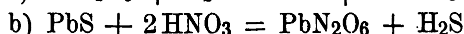
Entsteht hiebei ein schwarzer Niederschlag, so kann derselbe von Blei oder Kupfer herrühren.

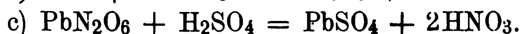
Um beide Metalle zu unterscheiden, lässt man den

Niederschlag absitzen, filtriert ihn ab und wäscht mit schwefelwasserstoffhaltigem Wasser aus, durchstösst die Spitze des Filters und spritzt den Niederschlag mittelst einer Spritzflasche in ein Kölbchen ab.

Der Niederschlag wird dann in heisser, verdünnter Salpetersäure gelöst, die Lösung neuerdings filtrirt und mit einigen Tropfen Schwefelsäure versetzt; wenn Blei vorhanden ist, so bildet sich ein weisser schwerer Niederschlag von Bleisulfat. **Blei**

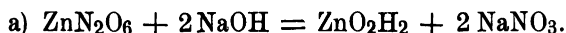

a) $PbN_2O_6 + H_2S = PbS + 2HNO_3$


b) $PbS + 2HNO_3 = PbN_2O_6 + H_2S$


c) $PbN_2O_6 + H_2SO_4 = PbSO_4 + 2HNO_3$.

Die Flüssigkeit wird abfiltriert und mit Ferrocyankaliumlösung versetzt; wenn Kupfer vorhanden ist, so bildet sich rotbraunes Ferrocyankupfer als flockiger Niederschlag. **Kupfer**

Das Filtrat vom Schwefelwasserstoff-Niederschlage dient zum Nachweis des Zinks. Man kocht das Filtrat und versetzt es, wenn es nicht mehr nach Schwefelwasserstoff riecht, mit einem Überschuss von Natronlauge. Es bildet sich Zinkhydroxyd, das sofort wieder gelöst wird. Man filtriert vom Unlöslichen ab und leitet in das Filtrat Schwefelwasserstoffgas ein: ein entstehender weisser Niederschlag ist Schwefelzink. **Zink**


a) $ZnN_2O_6 + 2NaOH = ZnO_2H_2 + 2NaNO_3$.


b) $ZnO_2H_2 + H_2S = ZnS + 2H_2O$.

6. Ammoniak. Man versetzt 50 ccm Wasser in einem Cylinder aus farblosem Glas, der auf weissem Papier steht, mit 1 ccm Nesslers Reagens (Quecksilberkaliumjodidlösung); bei Gegenwart von Ammonsalzen entsteht ein gelber bis orangefarbener Niederschlag oder eine solche Färbung von Quecksilberammonjodid. **Ammoniak**



$$NH_4Cl + 2HgKaJ_3 + 4KaOH =$$
$$Hg_2\,NH_2\,OJ + 5KaJ + KaCl + 3H_2O.$$

Freie Kohlensäure verhindert die Gelbfärbung, ferner werden durch das überschüssige, im Nesslerschen Reagens enthaltene Kalihydrat gleichzeitig die Erdalkalien gefällt.

Dieser nebensächliche Niederschlag verdeckt eine schwache Gelbfärbung und liesse daher, wie dies bei Gegenwart freier Kohlensäure der Fall ist, Ammoniak übersehen. Um dies zu vermeiden, versetzt man zuvor 200 ccm Wasser mit 5 ccm einer Mischung von 3 ccm Natriumhydratlösung und 2 ccm Natriumkarbonatlösung, lässt den Niederschlag absetzen und nimmt 50 ccm des klaren, von Erdalkalien und freier Kohlensäure befreiten Wassers zur Ammoniakprüfung.

c) Organische Stoffe.

100 ccm Wasser werden in einer Platinschale zur Trockne verdampft, der Rückstand wird auf einer schwachen Flamme geglüht. Bei Gegenwart organischer Stoffe tritt eine mehr oder minder starke Bräunung oder Schwärzung ein, welche bei fortgesetztem Glühen verschwindet.

Sind viel stickstoffhaltige organische Stoffe zugegen, so tritt am Anfang des Verkohlens ein Geruch auf, der an brennendes Haar erinnert.

B. Quantitative Untersuchung des Wassers.

Man hat sich geeinigt, die Bestandteile des Wassers in Milligrammen pro Liter (mg pro l), also Teile in Million Teilen anzugeben.

Für die hygienische Beurteilung eines Wassers ist die Gesamtanalyse nicht notwendig, hiefür genügt vielmehr die Bestimmung von Abdampfrückstand, Chlor, Salpetersäure und Sauerstoffverbrauch in Verbindung mit der qualitativen Prüfung auf Ammoniak, salpetrige Säure und freie Kohlensäure.

dampf-ckstand

1. Abdampfrückstand = Gesamtmenge der festen Bestandteile.

Eine Porzellan- oder Platinschale von etwa 120 ccm

Inhalt wird gut gereinigt, getrocknet, genau gewogen und auf ein Wasserbad gesetzt.

Dann misst man in einem Messcylinder 250 ccm des Wassers genau ab, fettet den Ausguss des Cylinders ein und giesst nun portionenweise das Wasser in die Schale, so dass dieselbe bis etwa 1 cm der Höhe angefüllt ist. Man verdampft so alles Wasser zur Trockne und trocknet dann 1 Stunde im Trockenschrank bei 100° C.

Die Verdampfung kann auch über Asbestplatten ausgeführt werden, doch darf das Wasser nicht in wallendes Kochen kommen.

Man lässt den getrockneten Rückstand im Schwefelsäureexsiccator erkalten, wägt und trocknet neuerdings 1 Stunde. Zeigen die beiden Wägungen keine oder nur sehr geringe Differenzen, so ist die Arbeit vollendet, andernfalls muss nochmals 1 Stunde getrocknet werden. Die Gewichtszunahme der Schale ist gleich dem Abdampfrückstand in 250 ccm Wasser.

Beispiel:

Schale allein	61,877 g,
Schale mit Rückstand	
nach 1 Stunden	62,080 „
„ 2 „	62,002 „
„ 3 „	62,000 „
somit: Schale + Rückstand	62,000 „
Schale allein	61,877 „
Rückstand von 250 ccm Wasser	0,123 g,

also in 1000 ccm (4 × 250) Wasser 4 × 0,123 g = 0,492 g.

1 Liter Wasser giebt somit 0,492 g Abdampfrückstand.

Chlor. Cl = 35,5. **Chlor**

Die Bestimmung des Chlors, welches in den im Wasser vorkommenden neutralen Chloriden, (Chlornatrium, -kalium, -calcium, -magnesium) enthalten ist, findet massanalytisch mit titrierter Silbernitratlösung unter Benützung

eisses Papier und lässt aus einer Glas-
r stetem Umrühren des Wassers mit
solange titrierte Silbernitratlösung zu-
eine schwache Rotfärbung auftritt.


$+ AgNO_3 = AgCl + KaNO_3$


$2AgNO_3 = 2AgCrO_4 + 2KaNO_3.$

h an Silbernitratlösung notiert man sich.

atlösung muss so gestellt werden, dass
lor.

he Lösung zu bereiten, berechnet man
en Gleichung der Umsetzung die nötige
t.

ichung


$+ AgNO_3 = AgCl + KaNO_3$

ernitrat 1 Atom Chlor, oder in Gewicht
Teile Silbernitrat fällen 35,5 Teile Chlor.
m der Lösung 1 mg Chlor entsprechen,
Ansatz:

x, woraus $x = \frac{170}{35,5} = 4,788$ mg,

ccm 4,788 mg Silbernitrat, so ent-
Lösung 1 mg Chlor.

Man hat daher 4,788 g Silbernitrat auf 1 Liter aufzulösen. Diese Lösung ist im Dunkeln aufzubewahren.

Bei Verwendung von 100 ccm Wasser ist zur Hervorrufung der Endreaktion 0,1 ccm Silbernitratlösung nötig; diese Menge muss daher vom Gesamtverbrauch abgezogen werden, der Rest wird auf Chlor in 1 Liter Wasser berechnet, z. B.:

Gesamtverbrauch für 100 ccm Wasser 6,8 ccm,
ab für die Endreaktion 0,1 „

Verbrauch für Chlor in 100 ccm 6,7 ccm.

Es enthalten also 100 ccm Wasser 6,7 mg Chlor,
folglich 1000 ccm „ 67 mg.

Bei Gegenwart von viel organischen Substanzen ist diese Bestimmung unsicher. In diesem Falle sind 100 ccm Wasser in einer Platinschale zur Trockne zu verdampfen und gelinde zu glühen, der Rückstand ist in destilliertem Wasser zu lösen, die Lösung, falls sie alkalisch reagiert, mit verdünnter Salpetersäure völlig zu neutralisieren und wie oben zu titrieren.

Da die Silbernitratlösung ihren Titer allmählich verändert, ist sie von Zeit zu Zeit auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

Dies geschieht durch Titrieren mit Chlornatriumlösung, wovon 1 ccm = 1 mg Chlor ist. Um eine solche Lösung zu erhalten, löst man 1,647 g reines geglühtes Natriumchlorid in 1 Liter Wasser und titriert damit, wie angegeben, die Silbernitratlösung. Für 10 ccm der Natriumchloridlösung muss man, falls die Silbernitratlösung richtig ist, 10,1 ccm bis zur schwachen Rotfärbung verbrauchen.

Man kann übrigens auch eine mit der Zeit schwächer gewordene Silbernitratlösung noch benützen, wenn man den Titer durch die Chlornatriumlösung auf diese Art ermittelt und die Differenz in Rechnung setzt.

3. Salpetersäure. $N_2O_5 = 108 \cdot HNO_3 = 63$. **Salpetersäure**

Zur Bestimmung der Salpetersäure in Wässern benützt man am einfachsten die Titrierung mit Indigo-

lösung. Das Indigoblau wird nämlich in stark saurer, heisser Lösung durch Salpetersäure zu farblosem Isatin oxydirt, es entstehen jedoch auch braun und gelb gefärbte Zwischenprodukte, welche die Schärfe der Reaktion etwas beeinträchtigen.

Im allgemeinen lässt sich bei Einhaltung gewisser Konzentrationen und Versuchsbedingungen sagen, dass die zersetzte Indigomenge proportional ist der Salpetersäure.

golösung Die Indigolösung bereitet man sich so, dass

1 ccm hievon = 0,1 mg Salpetersäure (N_2O_5).

1 Teil gepulvertes Indigotin wird unter Abkühlung in 6 Teile rauchende Schwefelsäure eingetragen und die Lösung in 40 Teile Wasser gegossen. 200 ccm dieser konzentrierten Lösung auf 6000 ccm verdünnt, geben eine Indigolösung von der ungefähr richtigen Stärke.

Die genaue Einstellung erfolgt durch Titrieren gegen eine Salpetersäurelösung von bekanntem Gehalt. Als solche dient eine Lösung von Kaliumnitrat, welche in 1 ccm 0,1 mg Salpetersäure enthält.

Da 2 Moleküle Kaliumnitrat ($KaNO_3$) = 202 Gew.-Teilen, 1 Molekül Salpetersäure (N_2O_5) = 108 Gew.-Teilen entsprechen, so hat man nach dem Ansatz

$$108 : 202 = 0,1 : x, \text{ woraus } x = 0.18724,$$

0,18724 mg Kaliumnitrat in 1 ccm oder
0,18724 g Kaliumnitrat auf 1 Liter zu lösen.

10 ccm dieser Lösung (= 1 mg Salpetersäure) verdünnt man in einem Erlenmeyerkölbchen mit 15 ccm salpetersäurefreiem Wasser und titriert wie unten angegeben mit der Indigolösung.

Verbraucht man bis zur Grünfärbung genau 10 ccm, so ist die Indigolösung richtig. Verbraucht man aber beispielsweise nur 6 ccm, so ist die Indigolösung zu stark und muss verdünnt werden. Hiezu muss man die Menge der Indigolösung genau kennen oder ein bestimmtes Volumen hievon abmessen; z. B. 2000 ccm.

6 ccm dieser Lösung entsprechen 1 mg Salpetersäure, es sollen aber 10 ccm 1 mg entsprechen, man muss daher auf je 6 ccm Indigolösung 4 ccm dest. Wasser zusetzen.

Auf 2000 ccm sind dann $\frac{2000 \times 4}{6} = 1333{,}3$ ccm Wasser zuzusetzen. Die neue verdünnte Indigolösung ist natürlich nochmals auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

Die Indigolösung ist im Dunkeln und gut verschlossen aufzubewahren.

Titrieren

Man giebt in ein Erlenmeyerkölbchen von 150 ccm Inhalt 25 ccm Wasser, setzt unter stetem Umschütteln 25 ccm konzentrierte Schwefelsäure zu, wodurch die Mischung sehr heiss wird und lässt nun sofort aus einer Bürette solange titrierte Indigolösung unter Schütteln einfliessen, bis die Farbe, gegen weisses Papier gesehen, eben grün ist, somit ein wenig unzersetztes Indigoblau sich in der Flüssigkeit befindet.

Man wiederholt dann die Bestimmung und nimmt aus dem Indigoverbrauch in beiden Versuchen das Mittel.

Falls man mehr als 15 ccm Indigolösung verbrauchte, hat man den zweiten und dritten Versuch mit verdünntem Wasser anzustellen, z. B. verdünnt man 25 ccm Wasser mit reinem destillierten Wasser auf 100 ccm und nimmt hievon 25 ccm.

Zur absolut genauen Bestimmung der Salpetersäure sind verschiedene chemische Methoden in Gebrauch, so von Schulze, Schlösing[1]), König[2]) u. s. w.; für hygienische Zwecke genügt die beschriebene Indigomethode, welche von Marx vorgeschlagen, von Goppelsröder u. A. verbessert worden ist, vollständig.

Bei Gegenwart von salpetriger Säure wird dieselbe als Salpetersäure mitbestimmt; ein einfaches Verfahren zur Bestimmung jeder der beiden Säuren ist bisher noch nicht bekannt.

---

[1]) Anal. Chemie. [3] 40. 479.

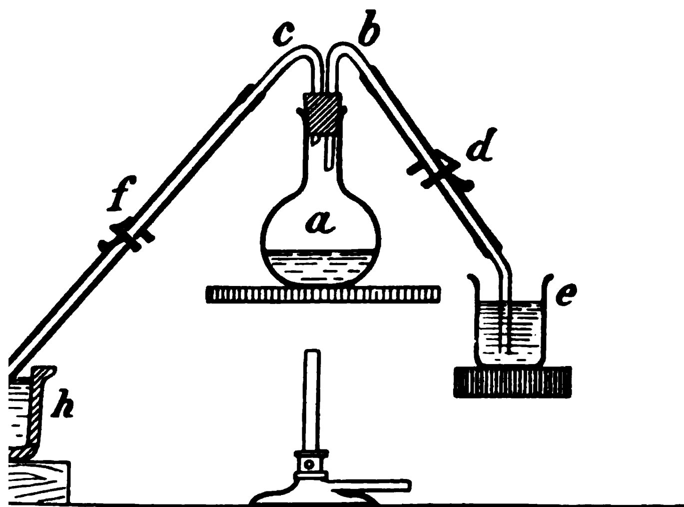
[2]) Chem. d. menschl. Nahrungs- u. Genussm. II. 1883.

ntstehen 4 Liter Stickoxydgas, d. h. 1 Liter
ntspricht 2,419 g Salpetersäure.

Berechnung ist zu bemerken, dass das Gewicht
erstoff, gemessen bei 0° und 760 mm Barometer-
g = 1 krith ist. Da nun das Molekül der
O_5, Molekulargewicht ($N_2 = 28$, $O_5 = 80$), somit
werer als das Molekül Wasserstoff $H_2 = 2$ ist,
Liter Salpetersäuredampf 54 mal schwerer als
off, also 54 × 0,0896 = 4,8386 g. Aus dieser
ge werden laut obiger Gleichung 2 Liter Stick-
es entspricht also ein Liter Stickoxydgas 2,419 g

ht zur Ausführung der Methode
Abbildung Fig. 38 dargestellten Apparat,
nem auf einem Drahtnetz oder einer Asbest-

Fig. 38.



und durch eine Klemme festgehaltenen

Kölbchen *a* von 100 ccm Inhalt. Der doppelt durchbohrte Kautschukpfropf desselben trägt zwei Glasröhren, die eine *b* ist in eine nicht zu feine Spitze ausgezogen, die etwa 1 cm unter dem Pfropf sich öffnet, aussen sich biegt und einen guten starken Gummischlauch mit Quetschhahn *d* trägt, an den ein etwa 6 cm langes Glasröhrchen sich anschliesst.

Das andere Glasröhrchen *c* ist ziemlich knapp unter dem Pfropf glatt abgeschnitten und nach der Umbiegung aussen mit einem starken Gummischlauch verbunden, der durch den Quetschhahn *f* abgesperrt werden kann. An den Gummischlauch ist ein umgebogenes Glasröhrchen *g* angeschlossen. Die sämmtlichen Gummianschlüsse sind mittelst weichen Eisen- oder Messingdrahtes gut an den Glasröhrchen festzubinden, damit die Gummiröhrchen während der Arbeit durch den eintretenden Überdruck nicht abgestreift werden können.

Ferner benötigt man ein Bechergläschen *e* von 30 ccm Inhalt,

eine Glaswanne *h* von 10 cm Durchmesser und 5—6 cm Höhe,

eine sog. Gasmessröhre *E* von 30—50 ccm Inhalt, geteilt in $^1/_{10}$ ccm,

ein Gefäss von etwas grösserer Höhe als die der Gasmessröhre ist.

2. Natronlauge von 20 % Gehalt, welche durch vorheriges Auskochen luftleer zu machen ist.

3. Eisenchlorürlösung nahezu gesättigt (käuflich).

4. Salzsäure konzentriert.

Zur Bestimmung der Salpetersäure nach dieser Methode ist eine ungefähre Kenntnis des Gehaltes des Wassers an Salpetersäure erwünscht, da man das Wasser so zu konzentrieren hat, dass etwa 10—20 ccm Stickoxydgas erhalten werden.

Man verdampft von Wasser von
0—50 mg Salpetersäuregehalt 250 ccm,
50—250 „ „ 100 ccm
in einer Glas- oder Porzellanschale auf dem Wasserbad bis auf etwa 5 ccm, spült dieselben in das Zersetzungskölbchen *a* und spült mit etwas destilliertem Wasser nach, so dass man etwa 20 ccm Flüssigkeit in das Kölbchen bekömmt. Es ist nicht notwendig, die beim Konzentrieren des Wassers ausgeschiedenen alkalischen Erden in's Kölbchen zu bringen. Man setzt nun den Pfropf auf das Kölbchen und kocht bei geöffneten Quetschhähnen *d* und *f* bis ca. 10 ccm ein, wobei alle Luft im Kölbchen durch Wasserdampf verdrängt wird.

Schon vorher hat man die Glaswanne *h* bis auf etwa 1 cm vom Rand mit der ausgekochten luftfreien Natronlauge gefüllt, ebenso die Gasmessröhre und hat nun die Messröhre so umzukehren, dass ihre Mündung unter dem Spiegel der Lauge in der Glaswanno sich befindet.

Man überzieht dembehufs den Zeigefinger mit einem Guttapercha- oder Gummifinger, um die Haut vor der starken Lauge zu schützen, füllt die Messröhre zum Überlaufen mit Natronlauge und drückt den geschützten Finger so auf die Öffnung, dass keine Luftblase in der Röhre bleibt. Man dreht die Röhre um und senkt sie, stets den Finger fest an der Öffnung, mit der letzteren unter den Spiegel der Lauge in der Glaswanne, worauf man den Finger wegzieht und die Messröhre an einem Stativ befestigt.

Ist das Wasser im Kölbchen genügend eingekocht, so bringt man unter fortwährendem Kochen das Röhrchen *g* unter das Niveau der Lauge in der Glaswanne, schliesst den Quetschhahn *f* fest und bringt die Mündung des Röhrchens *g* genau unter die tiefer gesenkte Mündung der Gasmessröhre.

Man füllt nun in das Becherglas
ca. 15 ccm Eisenchlorürlösung und
10 ccm Salzsäure
und bringt, noch immer kochend, das Röhrchen *d* in die Eisenchlorürlösung. Man zieht nun die Flamme unter dem Kölbchen weg; durch die Abkühlung entsteht dort ein luftleerer Raum und es wird daher die Flüssigkeit im Becherglas in das Kölbchen gesaugt.

Man hat aufzupassen, dass hiebei nicht auch Luft mitgerissen wird und schliesst den Quetschhahn *d*, ehe alle Flüssigkeit angesaugt ist.

Man bringt nun die Gasflamme wieder unter das Kölbchen und erhitzt bei anfänglich geschlossenen Quetschhähnen. Sowie die meist zusammengezogenen Gummischläuche sich wieder über die gewöhnliche Weite blähen, öffnet man vorsichtig den Quetschhahn *f* und lässt das entweichende Gas in die Messröhre übertreten. Etwa gebildete Kohlensäure wird sofort von der Natronlauge absorbiert, während das Stickoxydgas sich im oberen Teil der Messröhre sammelt.

Wenn keine Gasblasen mehr aufsteigen, schliesst man den Quetschhahn *f* und zieht rasch die Flamme weg; es entsteht dann wieder ein Minderdruck und dadurch entweicht auch das im Rest der Flüssigkeit enthaltene Stickoxydgas. Man erwärmt daher nochmals, bis die Schläuche sich wieder blähen, öffnet dann den Quetschhahn *f* und lässt die letzten Reste Stickoxydgas in das Messrohr übertreten, worauf man das Röhrchen *g* aus der Wanne hervorholt und mit dem Kochen aufhört.

Das in der Messröhre aufgesammelte Stickoxydgas muss nun gemessen und auf 760 mm Druck und 0° Temperatur reduziert werden. Man lässt die Lauge etwas erkalten, füllt unterdessen das Gefäss *M* mit ausgekochtem Wasser von Zimmertemperatur, entfernt die Messröhre genau so aus der Wanne, wie man sie in dieselbe brachte

und senkt sie in das hohe Gefäss wo man sie einige Stunden sich überlässt.

Man hebt dann mittelst einer Zange, nicht mit den Fingern, die Messröhre senkrecht so aus dem Gefäss, dass die Wasserniveaus im äusseren Gefäss und in der Messröhre gleich sind, und liest nun das Volumen des Stickoxydgases ab. Ferner liest man ab die Temperatur des Kühlwassers, den Barometerstand und die Temperatur am Barometer, reduziert den Barometerstand auf 0^0 (Seite 25) und reduziert dann das abgelesene Gasvolumen auf 0^0 und 760 mm.

Hiebei muss berücksichtigt werden, dass das Gas feucht gemessen wurde und daher das Volumen des Gases um eine gewisse von der Temperatur abhängige Menge Wasserdampf vermehrt ist. Die Spannkraft (Tension) des Stickoxydgases ist daher vermehrt um die Spannkraft (Tension) dieser Wasserdampfmenge und letztere muss zur Reduktion daher von dem beobachteten Druck (Barometerstand abgezogen werden.

Die Tension des Wasserdampfes entnimmt man aus Tabelle Nr. IV Seite 33, indem man statt g Millimeter setzt.

Die Reduktion erfolgt dann nach den Seite 76 u. 77 entwickelten Sätzen nach folgender Formel

$$V_1 = \frac{V \times (b - T)}{760 \times (1 + t \times 0{,}00366)} \text{ ccm}$$

wobei V_1 = reduziertes Volumen bei 0^0 und 760 mm,
V = abgelesenes Gasvolumen,
b = auf 0^0 reduzierter Barometerstand,
t = abgelesene Temperatur,
T = Tension des Wasserdampfes in mm bei der abgelesenen Temperatur.

Dasso erhaltene reduzierte Volumen Salpetersäure wird durch Multiplikation mit 2,419 in Salpetersäure umgerechnet und letztere dann unter Berücksichtigung des eingedampften Volumens Wasser auf 1 Liter Wasser umgerechnet.

bei 0° und 760 mm = $\frac{}{760}$

$$\frac{18,3 \times 703,4}{760 \times 1,00306} = \frac{12872,22}{762,32}$$

Daraus berechnen sich
Salpetersäure in 500 ccm
1 Liter 81,7 mg S

4. Organische Stoff

Die im Wasser enthalten
unbekannter Natur, können d
rückstandes als Glühverlus

Es ist jedoch zu beachte
auch andere Stoffe, so insbeson
saure und salpetersaure Salze, I
zersetzt oder verändert werden
weise ersetzt werden kann, z.
Befeuchten des Glührückstande
und Trocknen bei 100° C. E
glühverlust kein ganz richti
Substanzen.

Die jetzt allgemein zur B
Stoffe angewendete Methode
Sauerstoff zu ermitteln, we
Oxydation brauchen, was du

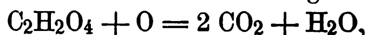
mit Kaliumpermanganat- (Chamäleon) Lösung geschieht (Methode von Kubel.*)

Man braucht hiezu

1. ungefähr titrierte Kaliumpermanganatlösung,
2. titrierte Oxalsäurelösung, wovon 1 ccm = 0,1 mg Sauerstoff,
3. Schwefelsäure von 25 %.

Oxalsäure

Zur Herstellung der Oxalsäurelösung ist es nötig, den chemischen Vorgang der Oxydation der Oxalsäure zu kennen. Derselbe verläuft nach folgender Gleichung:



$$C_2H_2O_4 + O = 2\,CO_2 + H_2O,$$

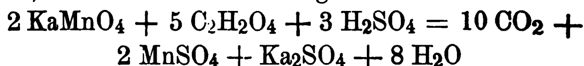
es werden also 126 Gewichtsteile Oxalsäure (mit 2 Mol. Krystallwasser) durch 16 Gewichtsteile Sauerstoff oxydiert.

Nun soll 1 ccm Oxalsäurelösung 0,1 mg Sauerstoff entsprechen, man hat daher den Ansatz $126 : 16 = x : 0.1$, woraus $x = \frac{0,1 \times 126}{16} = 0,7875$ mg Oxalsäure.

Löst man also 0,7875 g Oxalsäure auf 1 Liter, so entspricht 1 ccm der Lösung 0,1 mg Sauerstoff.

Chamäleonlösung

Zur Herstellung der ungefähr richtigen Chamäleonlösung löst man etwa 0,4 g Kaliumpermanganat in 1 Liter Wasser, da nach der Gleichung



$$2\,KaMnO_4 + 5\,C_2H_2O_4 + 3\,H_2SO_4 = 10\,CO_2 + 2\,MnSO_4 + Ka_2SO_4 + 8\,H_2O$$

2 Moleküle Kaliumpermanganat 5 Atome Sauerstoff, also 314 Gewichtsteile Kaliumpermanganat, 80 Gewichtsteile Sauerstoff abgeben.

Nun soll 1 ccm Chamäleonlösung = 0.1 mg Sauerstoff sein, also sind in 1 Liter 0,392 g Kaliumpermanganat zu lösen. Zweckmässiger nimmt man rund 0,4 g auf 1 Liter und titriert dann diese Lösung, wie angegeben, mit Oxalsäure und verdünnter Schwefelsäure.

Bei der Veränderlichkeit einer so verdünnten Chamäleonlösung, wie sie hier nötig ist, ist es zweckmässig, gleich-

*) Kubel-Tiemann, Anleit. z. Untersuch. des Wassers. 1889.

zeitig mit der Bestimmung der organischen Substanzen die Titerstellung der Chamäleonlösung zu verbinden.

Man reinigt eine Porzellanschale von etwa 200 ccm Inhalt von organischen Substanzen, indem man die Schale mit destilliertem Wasser, dem man etwas Schwefelsäure und einige Tropfen Chamäleonlösung zusetzt, auskocht und dann gut abtropfen lässt. **Titrieren**

I. Man erwärmt in dieser Schale
100 ccm des zu untersuchenden Wassers,
5 „ der verdünnten Schwefelsäure,
10 „ der Chamäleonlösung,
kocht genau 5 Minuten, vom ersten Wallen an gerechnet, setzt 10 ccm Oxalsäurelösung zu und erwärmt weiter, bis die Flüssigkeit völlig farblos ist und etwa ausgeschiedene braune Flocken (Braunstein) gelöst sind.

Dann setzt man unter stetem Kochen aus einer Giessbürette soviel Chamäleonlösung zu, bis eben wieder Rötung eintritt, z. B. 2,1 ccm.

Durch die Gesamtmenge des zugesetzten Chamäleons, also 10 + 2,1 = 12,1 ccm wurden nun oxydiert
a) die organischen Substanzen in 100 ccm Wasser
b) 10 ccm Oxalsäurelösung.

II. Man muss nun ermitteln, wieviel Chamäleonlösung für 10 ccm Oxalsäurelösung allein nötig ist, d. h. man muss den Titer der Chamäleonlösung stellen. **Titerstellung**

Zu dem Zwecke giebt man zu dem schwach rötlich gefärbten, von allen organischen Stoffen befreiten Wasser des Versuchs I neuerdings 10 ccm Oxalsäurelösung und fügt unter Kochen aus der Giessbürette solange Chamäleonlösung zu, bis eben wieder Rötung eintritt, z. B. 8,4 ccm.

Man weiss nun, diese 8,4 ccm Chamäleonlösung entsprechen 10 ccm Oxalsäurelösung oder 1 mg Sauerstoff.

Bei sehr unreinen Wassern ist diese Titerstellung mit destilliertem Wasser durchzuführen.

III. Die Berechnung ist nun einfach: die

org. Stoffe + 10 ccm Oxalsäurelös.	brauchten	12.1 ccm	Cham.
10 „ „	allein	8.4 „	„

folglich brauchten die organischen Stoffe 3.7 ccm Cham.

Nun entsprechen aber 8.4 ccm Chamäleonlösung 10 ccm Oxalsäurelösung oder 1 mg Sauerstoff, nach dem Ansatz

$$8.4 : 1 = 3.7 : x, \text{ woraus } x = \frac{3.7}{8.4} = 0.44 \text{ mg},$$

entsprechen also 3.7 ccm Chamäleonlösung 0.44 mg Sauerstoff, d. h. die organischen Stoffe in 100 ccm Wasser erfordern zur Oxydation 0.44 mg Sauerstoff, die in 1000 ccm also 4.4 mg Sauerstoff.

Härte des Wassers.

Härte

Unter Härte versteht man in Deutschland die in 100 000 Teilen Wasser enthaltenen Teile Calciumoxyd (Kalk), plus der Magnesia, letztere in ihr Äquivalent Kalk umgerechnet.

1 Molekül Kalk (CaO) ist äquivalent 1 Molekül Magnesia (MgO), oder 56 Gewichtsteile Kalk sind gleich 40 Gewichtsteilen Magnesia. Man erhält daher die äquivalente Kalkmenge, wenn man die Menge der Magnesia multipliziert mit $\frac{56}{40} = 1.4$.

In den modernen Wasseranalysen giebt man Kalk und Magnesia in mg pro 1000 ccm an oder

mg in 1000 × 1000 cmm, also
Teile in Million Teilen Wasser.

Will man daher Teile in 100 000 Teilen Wasser, so muss man die Anzahl der mg Kalk mit 10 dividieren und erhält dann Härtegrade.

Unter Härtegrad versteht man in Deutschland 1 Gewichtsteil Kalk (Calciumoxyd) in 100 000 Gewichtsteilen Wasser.

In Frankreich versteht man unter Härtegrad einen Teil Calciumkarbonat in 100 000 Teilen, in England einen Teil Calciumkarbonat in 70 000 Teilen Wasser (1 Grain in 1 Gallone).

Es ist somit

1 deutscher Härtegrad = 1.25 engl. = 1.79 franz. Härtegr.
0.8 „ „ = 1 „ = 1.43 „ „
0.56 „ „ = 0.7 „ = 1 „ „

Man unterscheidet ferner zwischen

bleibender oder permanenter Härte und
vorübergehender oder temporärer Härte.

Bleibende und vorübergehende Härte

Die Unterscheidung gründet sich auf das verschiedene Verhalten der Erdalkalisalze beim Kochen. Durch das Kochen werden die Erdalkalibikarbonate in freie entweichende Kohlensäure und unlösliche Erdalkalimonokarbonate zerlegt; das gekochte und filtrierte Wasser enthält sonach weniger Erdalkalisalze.

Die beim Kochen ausfallende Kalkmenge (incl. ausfallender Magnesia) auf 100 000 Teile Wasser berechnet, ist die vorübergehende Härte. Die beim Kochen gelöst bleibende Kalkmenge (incl. Magnesia, also alle an Schwefelsäure, Chlor, Salpetersäure etc. gebundenen Erdalkalien), heisst, auf 100 000 Teile Wasser berechnet, bleibende Härte.

Zur Bestimmung der Härte benützte man früher die Titrierung mit Seifenlösung. Diese Methode ist aber nicht genügend genau und daher verlassen.

Die sicherste Methode ist, Kalk und Magnesia gewichtsanalytisch zu bestimmen und daraus die Härte zu berechnen; z. B.:

in 1 Liter gefunden 108 mg Calciumoxyd,
30 „ Magnesiumoxyd.

Die der Magnesia äquivalente Kalkmenge ist 30 × 1.4 = 42 mg, die Gesamtkalkmenge in 1000 ccm also 108 + 42 = 150 mg. Die Gesamthärte beträgt somit 150 : 10 = 15 deutsche Härtegrade.

ɔs Volumens $^1/_2$ Stunde gekocht und filtriert. ıgedampft und darin Kalk und Magnesia wie nso wird der ausgefallene Teil auf dem Filter ıure gelöst und in der Lösung Calcium- und ;immt.

er werden in einer Platinschale zur Trockne zsäure gelöst und neuerdings abgedampft, t und mit heissem Wasser ausgewaschen. Kieselsäure.

d heiss mit Baryumchloridlösung gefällt und ımsulfat nach 12stündigem Stehen abfiltriert

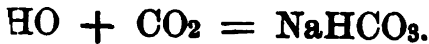
ile $BaTO_4$ = 80 Teilen SO_3, also

: 0.3433 g Schwefelsäure.

g der Kohlensäure.*)

säure: Man pipettiert 100 ccm Wasser in kölbchen, setzt 10 Tropfen Phenolphtaleïn- titriert nun über weissem Papier mit $^1/_{10}$ ıge, bis die Flüssigkeit deutlich rot bleibt. ; zu wiederholen, indem man die erst ermit- ge nahezu auf einmal zusetzt und dann unter tig titriert.

n. Natronlauge = 4,4 mg Kohlensäure.



HO + CO_2 = $NaHCO_3$.

*) ... Trillich. Die Münchener Hochquellen- ...lthale. München. M. Riegersche Univ.- ... II. Teil Seite 63 u. f.

2. halbgebundene + freie Kohlensäure. Man verfährt nach der Pettenkoferschen Methode in der von Trillich angegebenen Abänderung, indem man die freie + halbgebundene Kohlensäure durch Zusatz von Barythydrat bindet und dadurch die gesamte Kohlensäure ausfällt, worauf man den Überschuss an Barythydrat zurücktitriert. Halbgebundene + freie Kohlensäure

Man benötigt 1. Barytwasser von der Zusammensetzung desjenigen zur Kohlensäurebestimmung in der Luft.

2. Baryumchloridlösung 1 : 10, ganz neutral.

3. Salzsäure, wovon 1 ccm = 1 mg Kohlensäure. Man verdünnt eine Salzsäurelösung von 7 ccm Säure von 1.124 spez. Gewicht auf 1 Liter Wasser so, dass 22 ccm der Säure 10 ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlauge neutralisieren.

4. Die Indikatorlösungen von Phenolphtaleïn und Kochenille.

Man bringt in ein Absetzglas von 200 ccm Inhalt, das mit Kautschukstopfen verschliessbar ist, mittelst Pipetten

100 ccm Wasser
45 ccm Barytwasser
5 ccm Baryumchloridlösung

im Ganzen also 150 ccm, schüttelt gut durch und lässt 12 Stunden ruhig stehen. Durch den Zusatz des Barytwassers wird

a. die im Wasser enthaltene freie und halbgebundene Kohlensäure zu unlöslichem Baryumkarbonat gebunden,

b. das im Wasser mittelst halbgebundener Kohlensäure gelöste Calciumkarbonat seines Lösungsmittels durch den Vorgang a beraubt und wird daher ebenfalls unlöslich,

c. im Wasser enthaltenes Alkalikarbonat mit dem Baryumchlorid in Alkalichlorid uud unlösliches Baryumkarbonat umgesetzt,

d. alle im Wasser enthaltene Magnesia als Magnesiumhydroxyd gefällt, einschliesslich des Magnesiumkarbonates, das sich mit dem Baryumchlorid umsetzt in unlösliches Baryumkarbonat und lösliches Magnesiumchlorid, das sofort wieder als Magnesiumhydroxyd gefällt wird,

e. alle Schwefelsäure an Baryt gebunden und an Stelle desselben die äquivalente Menge der mit Schwefelsäure verbundene Basen treten.

Der entstandene Niederschlag enthält also
alle im Wasser enthaltene Kohlensäure in Form von Baryum- und Calciumhydrat und alle Magnesia als Hydroxyd, sowie alle Schwefelsäure als Baryumsulfat.

Während des Absetzens stellt man den Titer des Barytwassers fest, indem man 100 ccm destilliertes kohlensäurefreies (ausgekochtes) Wasser

45 ccm Barytwasser,
5 ccm Baryumchloridlösung

gut mischt, hievon mit einer Pipette 50 ccm = 1/3 der Gesamtflüssigkeit entnimmt, in einem Kölbchen mit einigen Tropfen Phenolphtaleïnlösung versetzt und aus einer Bürette so lange Salzsäure, wovon 1 ccm = 1 mg Kohlensäure, zufliessen lässt, bis die rote Flüssigkeit eben farblos ist.

Nach 12 Stunden ist der Niederschlag im Glase krystallinisch geworden, man entnimmt nun mittelst einer Pipette 50 ccm, ohne den Niederschlag aufzurütteln und titriert in gleicher oben beschriebener Weise mit Salzsäure. Die Differenz im Salzsäureverbrauch drückt diejenige Menge Baryt aus, welche

a) zur Fällung der freien und halbgebundenen Kohlensäure,
b) zur Fällung der Magnesia

verbraucht wurde. Man hat daher die Magnesia im Wasser gewichtsanalytisch zu bestimmen und durch Multiplikation mit $\frac{44}{40} = 1.1$ auf Kohlensäure umzurechnen.

Wurden z. B. für 50 ccm der gemischten Lösung bei der
Titerstellung . . . . . a ccm Salzsäure, bei der
Titration . . . . . b „ „ „ verbraucht

und ist der Magnesiagehalt des Wassers m mg in 100 ccm, so enthält 1 Liter Wasser $[3 \times (a - b) - 1.1 \times m] \times 10$ mg freie und halbgebundene Kohlensäure.

Z. B. ein Wasser enthält in 100 ccm 3.3 mg Magnesia (MgO) = m. 50 ccm der gemischten Lösung brauchten

zur Titerstellung a 12.7 ccm Salzsäure à 1 mg Kohlensäure
„ Titration b 7.0 „ „

Dann enthält 1 Liter Wasser
$[3 \times (12.7 - 7.0) - 1.1 \times 3.3] \times 10$ mg freie + halbgebundene Kohlensäure = $[3 \times 5.7 - 3.63] \times 10 = 134.7$ mg freie + halbgebundene Kohlensäure.

3. Gesamtkohlensäure.

Nach Entnahme von 50 ccm sind im Absetzglas noch 100 ccm und der Niederschlag enthalten. Man titriert nun den gesammten Rest mit Salzsäure, zieht von dem Gesammtsäureverbrauch den

für die 100 ccm Flüssigkeit ab, der aus der Bestimmung der freien + halbgebundenen Kohlensäure bekannt ist und erfährt so den Säureverbrauch für den gesamten Niederschlag, der alle Kohlensäure und alle Magnesia enthält.

Man übersättigt stark mit der titrierten Salzsäure, z. B. 100 ccm, stellt die Flasche in warmes Wasser, dann in heisses, damit alle Kohlensäure entweicht, setzt nun Kochenilletinktur zu und titriert mit $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge die saure, gelbe Flüssigkeit, bis sie eben alkalisch, d. h. rot wird.

Würden zur Neutralisation von 100 ccm Lösung + Niederschlag d ccm Salzsäure gebraucht, so brauchte man für den Niederschlag allein d — 2 b ccm Salzsäure und 1 liter Wasser enthält dann $[(d - 2b) - 1.1 \times m] \times 10$ mg Gesamtkohlensäure, z. B. 100 ccm Flüssigkeit + Niederschlag erforderten 43.3 ccm Salzsäure (d). 1 Liter Wasser enthält dann

$[(43.3 - 2 \times 7.0) - 1.1 \times 3.3] \times 10$ mg Gesamtkohlensäure

$= [29.3 - 3.63] \times 10 = 256.7$ mg Gesamtkohlensäure.

4. Gebundene Kohlensäure.

Man versetzt 100 ccm Wasser in einem Erlenmeyerkölbchen mit 5 Tropfen Phenolphtaleïnlösung, erhitzt zum Kochen und titriert die sich rötende Flüssigkeit so lange mit Salzsäure, wovon 1 ccm = 1 mg Kohlensäure, bis nach 5 Minuten langem Kochen die entfärbte Flüssigkeit sich nicht wieder rötet. **Gebundene Kohlensäure**

Alkalien. Die Bestimmung von Kali und Natron dürfte nur in seltenen Fällen nötig sein und ist dann nach der unter Artikel „Bier“ beschriebenen Methode auszuführen. **Alkalien**

Für gewöhnlich genügt die indirekte Bestimmung, wobei Kali und Natron als Natriumsulfat gewogen und berechnet werden.

Man verdampft in einer Platinschale 250 ccm Wasser unter Zusatz von überschüssiger Schwefelsäure zur Trockne und glüht den Rückstand, um die überschüssige Schwefelsäure zu verjagen, zuletzt setzt man etwas Ammonkarbonat zu und glüht neuerdings.

Der Rückstand enthält nun nur mehr Sulfate und Kieselsäure. Man berechnet daher Kalk und Magnesia auf Sulfate, addiert die Kieselsäure und subtrahiert diese Summe von der Gesamtmenge der Sulfate.

Der Rest ist schwefelsaures Natron + schwefelsaures Kali, letzteres als Natriumsulfat ausgedrückt.

1 g Natriumsulfat = 0.437 g Natriumoxyd.

Eisen. Die Bestimmung des Eisens erfolgt nach der Methode von A. Jolles. (Archiv f. Hygiene. VIII. 402.) **Eisen**

Man bedarf hiezu

1. einer Eisenoxydlösung von bekanntem Gehalt:
   0.4306 g reines krystalliertes Eisenoxyd-Ammonsulfat wird unter Zusatz von etwas Salzsäure zu 1 Liter gelöst, 1 ccm dieser Lösung entspricht
   0.00005 g Eisen oder
   0.00035 g Eisenoxyd.
2. Rhodanammoniumlösung: 7.5 g Rhodanammon zu 1 Liter gelöst.
3. Salzsäure: 1 : 3.

Die Methode beruht auf einem Vergleich der Intensität der Rotfärbung eines Wassers mit saurer Rhodanammonlösung mit der Rotfärbung einer Eisenoxydlösung von bekanntem Gehalt, sie ist also eine kolorimetrische Methode.

Ausführung: Man dampft 500 ccm Wasser in einer Porzellanschale unter Zusatz von Salpetersäure auf etwa 50 ccm ein, spült in einen Messcylinder und füllt auf 100 ccm auf. Man bringt nun die Flüssigkeit in einen engen Cylinder aus farblosem Glas, stellt denselben auf weisses Papier und giebt 5 ccm der Rhodanammonlösung und 1 ccm der verdünnten Salzsäure hinein. Nebenan stellt man vier gleiche Cylinder, giebt in den ersten 1, den zweiten 3, den dritten 5, den vierten 7 ccm der Eisenoxydlösung, füllt mit destilliertem Wasser auf 100 ccm auf, mischt und vergleicht nach einigen Minuten, indem man von oben hinein sieht, die Farbenintensität in dem Cylinder mit Wasser mit der in den Cylindern mit Eisenoxydlösung. Trifft die Farbennüance im Wasser zusammen mit der im vierten Cylinder, so sind in den 100 ccm eingedampften Wassers ebenfalls 7 $\times$ 0.00005 g Eisen enthalten, wie im vierten Cylinder, also 0.00035 g Eisen. Diese Eisenmenge ist enthalten in 500 ccm Wasser, somit treffen auf 1 Liter Wasser 0.0007 g = 0.7 mg Eisen.

Blei Blei. Die Bestimmung des Bleies kann auf kolorimetrischem Wege erfolgen, wenn nachgewiesen ist, dass das Wasser kein Kupfer (oder Zinn) enthält.

Man stellt sich eine Bleilösung von bekanntem Gehalt dar, indem man 0.1 g reines Blei mit überschüssiger Essigsäure auflöst und mit destilliertem Wasser zu 1 Liter verdünnt.

1 ccm dieser Bleilösung = 0.0001 g Blei.

Man füllt nun fünf enge Cylinder aus farblosem Glas mit

	99	97	95	und 93	ccm dest. Wasser
und setzt	1	3	5	7	ccm Bleilösung zu,
entsprechend	1	3	5	7	mg Blei in 1 Liter der Mischung,

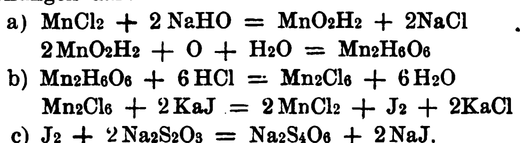
in den fünften Cylinder giebt man das zu untersuchende Wasser, das man mit einigen Tropfen Essigsäure ansäuert.

Man giebt nun in jeden Cylinder 20 ccm frisch bereitetes Schwefelwasserstoffwasser, schüttelt um und vergleicht die Intensität der im Wasser eintretenden Braunfärbung mit der der Probeflüssigkeiten.

Fällt sie z. B. zusammen mit der im Cylinder mit 5 ccm Bleilösung, so enthalten 100 ccm Wasser dieselbe Menge Blei, also 0.5 mg, somit in 1 Liter Wasser 5 mg Blei.

Sauerstoff. Die Bestimmung des Sauerstoffs im Wasser erfolgt nach der Methode von L. M. Winkler (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1888. 2843.) Dieselbe beruht darauf, Manganchlorür in alkalischer Lösung durch Sauerstoff zu Manganchlorid zu oxydieren, mittelst letzterem aus alkalischer Jodkaliumlösung eine dem Sauerstoff äquivalente Menge Jod frei zu machen und dieses mittels einer titrierten Lösung von unterschwefligsaurem Natron zu messen. **Sauerstoff**

Der Verlauf dieser Operationen stellt sich durch folgende Gleichungen dar:



a) $MnCl_2 + 2\,NaHO = MnO_2H_2 + 2NaCl$

$2\,MnO_2H_2 + O + H_2O = Mn_2H_6O_6$

b) $Mn_2H_6O_6 + 6\,HCl = Mn_2Cl_6 + 6\,H_2O$

$Mn_2Cl_6 + 2\,KaJ = 2\,MnCl_2 + J_2 + 2KaCl$

c) $J_2 + 2\,Na_2S_2O_3 = Na_2S_4O_6 + 2\,NaJ.$

Man braucht folgende Lösungen:

1. Manganchlorürlösung von 40 %,
2. alkalische Jodkaliumlösung: 32 grm nitritfreies Kaliumhydrat in 100 ccm destilliertem Wasser gelöst und darin 10 grm Jodkalium aufgelöst,
3. konzentrierte Salzsäure,
4. $^1/_{100}$ Normallösung von unterschwefligsaurem Natron.
   2.48 g unterschwefligsaures Natron zu 1 Liter mit destilliertem Wasser gelöst, 1 ccm dieser Lösung entspricht 0.055825 ccm Sauerstoff von 0° und 760 mm.
5. Jodzinkstärkelösung als Indikator.

Zur Ausführung der Methode aicht man eine ca 500 ccm fassende Flasche mit engem Hals und gut eingeriebenem Glasstopfen, indem man die Flasche erst sorgfältig reinigt, gut austrocknet und leer (mit Stopfen) wägt, worauf man sie mit Wasser von 15° C füllt, den Stopfen eindrückt, so dass keine Luftblasen bleiben, aussen gut abtrocknet und neuerdings wägt, die Differenz zwischen beiden Wägungen ist der Kubikinhalt der Flasche in ccm statt grm Gewichtsdifferenz.

zu, drückt den Stopfen wieder gut ein und um — wodurch sich der Niederschlag wieder aber vom ausgeschiedenen Jod braun ge-

ı eine in $^1/_{10}$ ccm geteilte Bürette mit der hwefligsaurem Natron, entnimmt aus der er Pipette 100 ccm der braunen Flüssigkeit, enmeyerkölbchen fliessen, setzt 2 ccm Jod- wodurch die Flüssigkeit blaugrün wird und Bürette so lange unterschwefligsaure Natron- üssigkeit eben farblos geworden ist. vird mit neuen 100 ccm in gleicher Weise

nen der Flasche a ccm, so wurde die in befindliche Sauerstoffmenge gemessen. ccm Flüssigkeit b ccm unterschwefligsaure ötigten a ccm Flüssigkeit $\frac{a \times b}{100}$ ccm unter- lösung, oder enthielten $\frac{a \times b}{100} \times 0.0558$ ccm

erstoff war enthalten in (a — 8) ccm Wasser, r Wasser $\frac{1000 \times a \times b \times 0.0558}{100 \times (a - 8)}$ ccm 760 mm Druck.

ıus einem Pumpbrunnen wurde nach län- ine geaichte Flasche laufen lassen, deren ıittelt war.

Nach Einbringung von 4 ccm Manganchlorürlösung und 4 ccm Salzsäure war das Wasservolumen noch 636—8 = 628 ccm.
100 ccm der gelben Jodlösung erforderten 4.5 ccm Natriumthiosulfatlösung, somit 636 der gelben Jodlösung 28.62 ccm Natriumthiosulfatlösung.

Da 1 ccm Natriumthiosulfatlösung = 0,0558 ccm Sauerstoff,
sind 28.62 „ „ = 1. 597 „ „

Es enhalten also 628 ccm Wasser 1.597 ccm Sauerstoff.
folglich 1000 „ „ 2.54 „ „ von 0° C u. 760 mm Druck.

Litteratur:

Kubel-Tiemann: Anleitung zur Untersuchung des Wassers etc. Braunschweig 1889.
Wolffhügel: Wasserversorgung. Leipzig 1882.

C. Hygienische Beurteilung des Wassers
auf Grund der chemischen Analyse.

Für die Beurteilung, ob ein Wasser zu Trink- und Nutzzwecken (Kochen, Waschen, Putzen) brauchbar ist, kommen folgende Punkte in Betracht:

1. Verunreinigung durch menschliche Exkremente.

Bei Verunreinigung des Wassers durch Abortgrubeninhalt erfährt vor allem die Menge des Natriumchlorids und damit auch die Menge des Chlors eine wesentliche Steigerung.

Kennt man also den Chlorgehalt eines reinen Wassers aus derselben Gegend oder wenigstens derselben geologischen Formation, so lässt sich die Verunreinigung durch Urin leicht erschliessen, da die Vermehrung des Kochsalzes in der Regel nur von menschlichen Exkrementen herrührt. Ferner ist der Gehalt an organischen Substanzen und stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukten derselben ein gesteigerter und beträchtlicher. Je näher die Quelle der Verunreinigung liegt, oder je stärker der Boden verunreinigt ist, desto höher ist der Gehalt an unzersetzten organischen Stoffen, Ammoniaksalzen und salpetrigsauren Salzen; solche Wässer sind unter allen

Umständen zu verwerfen und genügt daher schon der qualitative Nachweis dieser Stoffe, verbunden mit einer Schätzung der Menge nach der Stärke der Reaktion.

Günstiger zu beurteilen sind Wässer, bei denen die Oxydation der organischen Stoffe bereits soweit vorgeschritten ist, dass nur mehr salpetersaure Salze vorhanden sind, aber auch diese Wässer sind zu beanstanden, wenn dieser Gehalt den des normalen Wassers weit überschreitet.

2. Verunreinigung durch häusliche Abfallstoffe.

In diesem Falle treten nur organische Substanzen und deren Zersetzungsprodukte auf, während eine Vermehrung des Chlors nicht eintritt. Hingegen kann die Gesamtmenge der gelösten Stoffe bedeutend steigen, insbesondere weil auch die bei der Zersetzung der organischen Stoffe frei werdende Kohlensäure ihrerseits Erdalkalien in Lösung bringt. Dasselbe gilt auch für die Wässer der 1. Gruppe.

3. Verunreinigungen durch tierische Abfallstoffe (Mist- und Düngerhaufen).

Neben organischen Substanzen und deren Zersetzungsprodukten tritt als charakteristischer Bestandteil phosphorsaures Kali auf.

4. Verunreinigungen durch gewerbliche Abwässer.

Die hierdurch verursachten Veränderungen können so mannigfacher Natur sein, dass sich ein allgemeines Bild der Verunreinigung nicht geben lässt.

5. Verunreinigungen durch Leitungen.

Es lässt sich durch die chemische Analyse feststellen, ob ein Wasser zur Aufnahme von Metallen aus den Leitungsrohren, z. B. Blei, Eisen, Zink geneigt ist und demgemäss gesundheitsschädlich wird.

Insbesondere ist es die freie Kohlensäure, welche bei Mangel an den nötigen Erdalkalikarbonaten eiserne, bleierne und verzinkte Röhren angreift, besonders wenn ausserdem noch Luft zutreten kann. Ist der Zutritt von Luft aber

ausgeschlossen oder enthält das Wasser viel Calciumkarbonat, so wird eine Einwirkung nicht oder nur anfangs stattfinden.

Die Beurteilung eines Wassers stützt sich sonach hauptsächlich auf einen Vergleich mit einem reinen (Normal-) Wasser derselben Gegend. Von dem früher befolgten Grundsatz, allgemein giltige Grenzwerte aufzustellen, ist man abgekommen, hingegen eignen sich die von Reichardt ermittelten Zusammensetzungen von Normalwässern verschiedener geologischer Formationen gut zu einem Vergleich.

Tabelle VIII.

Formation	Pro 1 Liter							
	Rückstand	Organ. Subst.	N_2O_5	Cl	SO_3	CaO	MgO	Härte
Granit . .	25	16	0	4	4	10	3	1.5
Buntsandstein	220	14	1	4	9	75	50	14.5
Muschelkalk	325	9	1	4	14	130	30	17
Dolomit . .	420	5	2	Spur	4	140	65	23
Gyps . . .	2365	Spur	Spur	2	1111	766	125	94
Alte Durchschnittswerte	500	50	5	8	6	130	35	18

Bei der Beurtheilung eines Wassers auf Grund der chemischen Analyse hat man vor allem zu berücksichtigen, dass die Stoffe, welche man im Wasser bestimmt, an und für sich keine gesundheitsschädlichen Wirkungen ausüben. Ein Wasser, das im Liter 200 mg Kochsalz enthält, ist an und für sich nicht gesundheitsschädlicher als ein solches mit 10 mg. Auch die geringen Mengen von salpetrigsauren Salzen (Nitriten) und Ammoniaksalzen, wie sie gewöhnlich in Wässern vorkommen, wären an sich nicht schädlich.

Steigt allerdings die Menge dieser Stoffe allzu be-

deutend, so wird das Wasser ungeniessbar, wie z. B. das Meerwasser.

Dagegen hat man im Auge zu behalten, dass diese Bestandteile ein Masstab sind für die Art und die Menge der Verunreinigung, dass neben den an und für sich unschädlichen Stoffen eben auch andere schädliche Stoffe unbekannter Natur vorhanden sein können und dass das Auftreten von gewissen Produkten (Ammoniak, salpetrige Säure) darauf schliessen lässt, dass der Boden, durch welchen das Wasser geht, in Umsetzung begriffene organische Substanzen enthält, die teils schon durch ihre Herkunft das Wasser ekelerregend machen.

Erst im Zusammenhalt der sämtlichen Faktoren lässt sich daher ein Urteil über ein Wasser abgeben.

Die Stadt München besitzt z. B. das folgende Normalwasser aus reinem Untergrund:

In 1 Liter 244 mg Rückstand,
7 „ Chlor,
9 „ Schwefelsäure,
10 „ Salpetersäure,
kein Ammoniak,
keine salpetrige Säure,
0.5 mg Sauerstoffverbrauch.

Ein Brunnen in der Stadt gab nun in 1 Liter
592 mg Rückstand,
90 „ Chlor,
86 „ Salpetersäure,
viel Ammoniak,
viel salpetrige Säure,
2,8 mg Sauerstoffverbrauch.

Das Wasser ist somit zweifellos durch Fäkalien verunreinigt, es befinden sich darin noch in Zersetzung befindliche organische Substanzen (Sauerstoffverbrauch, Ammoniak, salpetrige Säure), das Wasser ist daher als Trinkwasser zu verwerfen.

Ein anderes Wasser gab in 1 Liter
500 mg Rückstand,
90 „ Chlor,
15 „ Salpetersäure,
kein Ammoniak,
keine salpetrige Säure,
0.3 mg Sauerstoffverbrauch.

In diesem Falle hat ebenfalls eine Verunreinigung durch Fäkalien stattgefunden, aber die organischen Stoffe sind längst durch den Boden oxydiert oder nitrifiziert, so dass die Salpetersäure fast auf den normalen Gehalt zurückgegangen ist.

In solchen Fällen, in denen ausschliesslich nur der Gehalt des Wassers an Chloriden und Nitraten gegenüber dem Normalwasser ein erhöhter ist, Ammonsalze, Nitrite und organische Substanzen aber fehlen, kann gegen eine Verwendung des Wassers zu Genuss- und Nutzzwecken eine Erinnerung nicht erhoben werden.

Ein Wasser, das durch Abflüsse einer Düngergrube verunreinigt wurde, ergab in 1 Liter
620 mg Rückstand,
35 „ Chlor,
212 „ Salpetersäure,
kein Ammoniak,
sehr viel salpetrige Säure,
6.7 mg Sauerstoffverbrauch.

Auch dieses Wasser ist als Trinkwasser unbrauchbar, ebenso das folgende, das durch Abflüsse einer sog. Versitzgrube, also durch Hausabwasser, verunreinigt war:

In 1 Liter 290 mg Rückstand,
15 „ Clor,
18 „ Salpetersäure,
sehr viel Ammoniak,
sehr viel salpetrige Säure,
15.1 mg Sauerstoffverbrauch.

Um endlich noch Beispiele von Wässern anzuführen, welche durch gewerbliche Betriebe verunreinigt sind, besass ein Wasser, das durch Brauereiabwasser beeinflusst war, in 1 Liter 688 mg Rückstand,
40 „ Chlor,
0.7 „ Ammoniak,
keine Salpetersäure,
keine salpetrige Säure,
19.3 mg Sauerstoffverbrauch.

ol-
eis

Das Wasser gab eine deutliche Alkoholreaktion (1 Tropfen Kaliumbichromatlösung wird mit 2 ccm konz. Schwefelsäure vermischt und darauf einige Tropfen Wasser geschichtet. Beim Umschütteln tritt bei Gegenwart von Alkohol eine Grünfärbung ein, da der Alkohol die Chromsäure zu Chromoxyd reduziert); ferner fanden sich Hefezellen vor.

Wasser aus dem Boden, auf dem einst eine Schwefelsäure- und Sodafabrik gestanden, ergab in 1 Liter
1316 mg Rückstand,
92 „ Chlor,
108 „ Salpetersäure,
kein Ammoniak,
keine salpetrige Säure,
222 mg Schwefelsäure (gegen 9 im Normalw.)

Die chemische Analyse ist sonach im stande, durch Vergleich mit dem Normalwasser die Quelle der Verunreinigung anzugeben.

ngen
und
ser

Ob das Wasser als Trink- und Nutzwasser brauchbar ist, ergiebt sich dann aus folgenden Anforderungen:

1. Das Wasser muss klar, farb- und geruchlos sein.
2. Die Temperatur des Wassers soll in verschiedenen Jahreszeiten nur innerhalb geringer Grenzen schwanken und 12° C nicht übersteigen.
3. Der Gesamtrückstand darf 1 g pro 1 Liter nie übersteigen.

4. Es darf nur wenige organische Substanzen (bis 3 mg Sauerstoffverbrauch pro 1 Liter) enthalten.
5. Es dürfen keine Ammoniak-, keine phosphorsauren und keine salpetrigsauren Salze darin enthalten sein.
6. Im allgemeinen soll die Zusammensetzung des Wassers die des Normalwassers derselben Gegend und Formation nicht viel überschreiten.

Man ist nicht imstande, auf Grund der chemischen Analyse allein ein endgiltiges Urteil über ein Wasser abzugeben, es hat sich ihr vielmehr auch noch eine mikroskopische und bakteriologische Untersuchung anzuschliessen.

Literatur: F. Fischer. Das Wasser. Berlin 1891. 9 M.

Abwässer. Kanalisation.

Häufig gelangen Abwässer des täglichen Lebens, der Hauswirtschaft und der Industrie zum Abfluss teils in Bäche, Flüsse oder Kanäle, teils in den Boden, und ihre Untersuchung und Mengenbestimmung ist daher von grosser Wichtigkeit.

Man wird im Allgemeinen zu unterscheiden haben zwischen

a. Urin und Exkremente haltenden Abflüssen, deren wesentlicher Bestandteil die genannten Produkte des Stoffwechsels sind;
b. Schmutzwässer, Abflüsse des menschlichen Haushaltes, der Küche, der Waschvorrichtungen, deren Merkmal der Gehalt an fäulnisfähigen und fauligen organischen Stoffen ist;
c. Abwässer, Abflüsse industrieller Unternehmen, deren wesentlicher Bestandteil je nach dem Ursprung wechselt, z. B. reichliche

   Mengen Clormagnesium in Kaliwerken,
   Chlor und Chlorkalk in Papierfabriken,
   Säuren und faulende organische Stoffe in Bierbrauereien.

Die Untersuchung dieser verunreinigten Wässer wird nach den unter „Wasser“ beschriebenen Methoden, zum Teil unter Verdünnung mit destilliertem Wasser, ausgeführt.

Zu bemerken ist, dass die Untersuchung so bald als möglich nach der Probenahme auszuführen ist.

Literatur: J. König. Die Verunreinigung der Gewässer. Berlin 1899. ℳ 20.—
F. Fischer. Das Wasser. Berlin 1891. ℳ 9.—.

Bestimmung der Wassermenge.

Die Bestimmung der Wassermenge kann nötig werden

1. bei Wasserversorgungen,
2. bei Einleitung von Abwässern in fliessende Gewässer, denn die Frage der Schädlichkeit eines Abwassers hängt nicht allein von dessen Zusammensetzung, sondern viel von dessen Menge, bezw. seinem Mengenverhältnis zum fliessenden Wasser und dessen Geschwindigkeit ab.

Die Methoden, nach denen die Wassermenge gemessen wird, sind zu unterscheiden:

1. bei Auslauf aus voll gefüllten Röhren,
2. bei Lauf in ganz oder teilweise gefüllten Kanälen mit bestimmtem Querschnitt,
3. bei Lauf in Kanälen oder Betten mit unregelmässigem Querschnitt.

1. Das von gefüllten Röhren abgegebene Wasserquantum ermittelt man
   a. durch Einlaufenlassen des Wassers in geeichte Gefässe unter Beobachtung der dazu benötigten Zeit;
   b. durch Einschaltung eines Eichhahnes, der also in gewissen Zeiträumen unter gleichbleibenden Druckverhältnissen eine stets gleiche Wassermenge abfliessen lässt und der selbst nach der Methode a eingestellt wird;
   c. durch Einschaltung von Wassermessern in das Wasserrohr, d. i. eines Zählwerkes, welches die durch das Rohr gehende Wassermenge registriert.

Die Wassermesser bestehen aus einer Wasserröhre

von genau bestimmtem Querschnitt, welche kreisförmig erweitert ist. Diese Erweiterung enthält ein Schaufelrad, das an einer vertikalen Axe sitzt und durch das durch die Röhre strömende Wasser bewegt wird.

Die Vertikalaxe überträgt ihre Bewegung mittelst Zahnrad auf ein Zählwerk, indem je 10 Umdrehungen der Axe ein zweites Zahnrad um eine Umdrehung, je 10 Umdrehungen des zweiten Zahnrades ein drittes um eine Umdrehung bewegen u. s. w., so dass die Zahl der Umdrehungen leicht abgelesen werden kann.

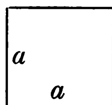
Durch genaue Versuche und Bestimmung der Konstanten kennt man die Wassermenge, welche einer Schaufelradumdrehung entspricht, so dass man die Zahl der Umdrehungen bloss in die Konstantengleichung einzusetzen braucht.

Häufig sind die Wassermesser so konstruiert, dass eine Umdrehung des Schaufelrades dem Durchgang von 1 Liter Wasser (oder einem bestimmten Bruchteil) entspricht, so dass man direkt die Anzahl der durchgegangenen Liter Wasser am Zählwerk ablesen kann.

2. Das in Kanälen von bestimmtem Querschnitt fliessende Wasser wird bestimmt durch Messung der Fläche des Querschnittes und der Geschwindigkeit des fliessenden Wassers.

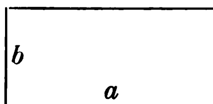
Berechnung des Flächeninhaltes einiger Querschnitte:

1. Quadratischer Querschnitt:



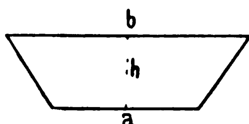
Man misst eine Seite ($= a$), die 4 Seiten sind gleich lang, dann ist der Querschnitt $q = a \times a$.

2. Rechteckiger Querschnitt:



Man misst die Breite a und die Höhe b, dann ist der Querschnitt $q = a \times b$.

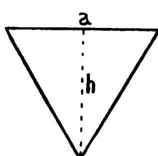
3. Trapezförmiger Querschnitt:



Man misst die beiden parallelen Seiten, die Grundlinie *a*, die Decklinie *b*, sowie den senkrechten Abstand der beiden, die Höhe *h*, der Querschnitt

$$q = \frac{a + b}{2} \times h.$$

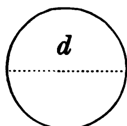
4. Dreieckiger Querschnitt:



Man misst die Breite *a*, sowie die senkrechte Entfernung der Spitze von *a*, die Höhe *b*, dann ist Querschnitt

$$q = \frac{a \times h}{2}.$$

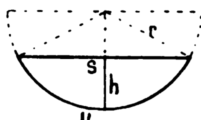
5. Kreisförmiger Querschnitt:



Man misst die grösste Entfernung, den Durchmesser *d*, der Querschnitt

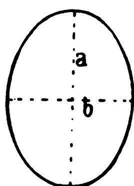
$$q = 3{,}14 \times \frac{d \times d}{4}.$$

6. Kreissegment-Querschnitt.



Man misst die Sehnenlänge *s*, die Höhe h (senkrechte Entfernung des Bogens vom Halbierungspunkt der Sehne) und den Radius *r* und den Segmentumfang *u*, dann ist Querschnitt $q = \frac{u \times r - s \times (r - h)}{2}$

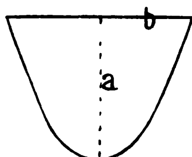
7. Ellipsenförmiger Querschnitt:



Man misst die grösste Entfernung, die grosse Achse *a*, die kleinste Entfernung, die kleine Achse *b*.

dann ist Querschnitt $q = \frac{a \times b}{4} \times 3.14.$

8. Parabel.



Man misst die Breite b und die Höhe a, dann ist

Querschnitt $q = \frac{2}{3} \times a \times b$.

Die einfachste Messung der Wassergeschwindigkeit erfolgt durch Schwimmkugeln, hohle Metall- oder Holzkugeln, welche eine wasserdicht verschliessbare Öffnung zum Einfüllen von Bleischrot besitzen und so beschwert sind, dass sie vollständig unter Wasser genau dessen Oberfläche tangieren.

Zur Ausführung einer Messung misst man an dem Kanal oder Flusse eine Strecke mittelst eines Messbandes genau ab, z. B. 100 m, und bezeichnet die Endpunkte mit je 2 Pfählen, deren Verbindungsebene senkrecht zum Flusslauf steht.

Man beobachtet nun mit einer Sekundenuhr, wann die etwa 10 m oberhalb in's Wasser gelegte Kugel an den zwei ersten Pfählen vorbeischwimmt, merkt die Zeit, bezw. setzt die Sekundenuhr sofort in Gang und begiebt sich rascher als die schwimmende Kugel an die zweiten Stäbe und beobachtet auch hier die Zeit, wie die Kugel die durch die Stäbe gelegte Ebene durchschwimmt. Die Kugel ist mit Netz oder Boot abzufangen.

Diese Beobachtungen werden mehrmals wiederholt.

Z. B. brauchte eine Kugel zum Durchschwimmen einer geraden 100 m langen Strecke

in der Mitte eines Kanallaufes a) 53 Sekunden
b) 54 „
c) 52 „

somit im Mittel 53 Sekunden, die Geschwindigkeit des Wassers war also in 1 Sekunde 100 : 53 Meter oder 1,886 m pro Sekunde.

Zur Messung der Wassergeschwindigkeit können aber auch manometer- oder anemometerartige Instrumente benützt werden, und findet man mit diesen dann die Wassergeschwindigkeit an einer bestimmten Stelle.

Manometerartige Instrumente sind die Pitotsche Röhre und die Verbesserungen derselben, der Reichenbachsche und der Darcysche Strommesser.

Die Pitotsche Röhre besteht aus einer offenen rechtwinklig gebogenen in mm geteilten Glasröhre, welche senkrecht in das Wasser gehalten wird, so dass der horizontale Teil parallel der Wasserrichtung und die Öffnung derselben entgegen gerichtet ist.

Das fliessende Wasser dringt in die Röhre ein und erhebt sich im Vertikalrohr um so höher über das äussere Niveau, je rascher es fliesst. Man hat daher an der geteilten Röhre den Niveauunterschied zwischen dem Niveau des Flusses und dem Niveau in der Vertikalröhre abzulesen und erhält dann die Wassergeschwindigkeit nach der Formel

$$v = \sqrt{2 g h},$$

worin v = Wassergeschwindigkeit,
g = Beschleunigung der Schwere,
h = Niveaudifferenz.

Die Reichenbachsche und Darcysche Röhre gestatten in 2 durch einen Hahn abschliessbaren Röhren in der einen den Wasserstand, in der anderen die durch Stosswirkung gehobene Wassersäule abzusperren und dann ruhig und genauer ausser dem Wasser abzulesen.

Ähnlich wie die Anemometer ist der Woltmannsche Flügel konstruiert. Derselbe besteht aus einem Axenkreuz mit 4 im Winkel zu 45^0 gegen die Axe geneigten Flügeln, deren 2 gegenüberstehende gegen einander also senkrecht stehen.

Das Axenkreuz ist auf einer horizontalen Welle vertikal befestigt, die Welle greift mittelst einer Schraube ohne Ende in die Zahnräder eines Zählwerkes ein, welches die Umdrehungen des Axenkreuzes registriert.

Zur Ein- und Ausrückung des Zählwerkes dient eine Schnur, mittelst welcher die Schraube vom Zahnrad weggezogen werden kann.

Vergleiche die Konstruktion im Artikel Ventilation.

Der Woltmannsche Flügel wird an einer festen Stange (Eisenröhre) befestigt und so in das Wasser gesenkt, dass das Zählwerk ausgelöst ist, die Horizontalaxe wird parallel der Wasserrichtung gestellt (ev. durch ein angebrachtes Steuerruder), dann wird gleichzeitig eine Sekundenuhr und das Zählwerk in Gang gesetzt und nach 30 oder 60 Sekunden ausgelöst.

Die Bestimmungen werden mehrmals wiederholt.

Um nun aus den Umdrehungen der Flügel auf die Geschwindigkeit des Wassers schliessen zu können, bedarf man der Kenntnis

1. eines gleichbleibenden Koëfficienten, welcher angiebt, bei welcher geringsten Geschwindigkeit das Instrument in Gang kommt (*g*),
2. eines Koëfficienten, der angiebt, welcher Wasserweglänge jede Flügelumdrehung entspricht (*f*),

Beide Koëfficienten müssen auf Versuchsweg für jedes einzelne Instrument ermittelt werden und sind demselben als Formel*) beigegeben.

Macht der Woltmannsche Flügel in t Sekunden n Umdrehungen, so ist die Geschwindigkeit des Wassers v

$$v = g + f \times \frac{n}{t} \text{ Meter.}$$

Zur Bestimmung der Wassermenge in einem Kanal macht man an verschiedenen Stellen Messungen der Geschwindigkeit und multipliziert den Querschnitt mit dem Durchschnitt der Messungen.

Näheres siehe Bauernfeind, Elemente der Vermessungskunde. 7. Aufl. Band I. Seite 538 u ff.

In Flüssen ohne regelmässigen Querschnitt zerlegt man den Querschnitt in eine Reihe von Trapezen, deren Flächeninhalt man berechnet, dann macht man im Schwerpunkt eines jeden Trapezes eine Geschwindigkeitsmessung, mit der man den Trapezinhalt multipliziert, um die durch das Trapez fliessende Wassermenge zu erhalten. Die Addition sämtlicher Wassermengen aller Trapeze giebt dann die Wassermenge des Flusses.

IV.

Untersuchung des Bodens.

I. Oberflächengestaltung.

Die Untersuchung des Bodens erfordert mitunter eine möglichst genaue Ermittelung der Oberflächengestaltung nach Entfernung und Höhe der einzelnen Punkte.

Die Messung der Entfernungen und der Höhen ist Sache der Geometer oder Vermessungsbeamten; meist kann man sich genügend genaue derartige Pläne verschaffen (Katasterpläne), oft aber kommt man in die Lage, besonders kleinere Vermessungen selbst vornehmen zu müssen.

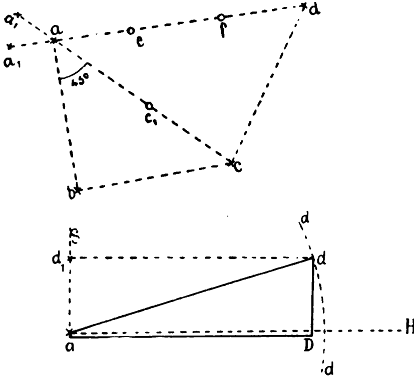
Da nun hiezu die teuren und für Nichtfachleute auch schwer zu handhabenden geodätischen Messinstrumente (Theodolithe, Tacheometer etc.) kaum zu beschaffen sind, auch die Rechnungsmethoden eigene Vorbildung erfordern — kann hier nur auf die einfachsten Methoden der Vermessung und Nivellierung eingegangen werden.

a. Vermessung.

Methode a) Man bedarf 1. einer Anzahl gerader etwa 2 Meter langer Stäbe mit zugespitztem Ende (Fluchtstäbe), am besten mit Eisenspitze und meist weiss und rot angestrichen; 2. eines

Messbandes*) von 20 bis 30 Meter Länge oder einer Messlatte von 5 Meter Länge und Teilung in dm.

Hat man z. B. die Punkte *a b c d* in Zeichnung 39 zu vermessen, so rammt man in jedem Punkt einen Fluchtstab genau lotrecht ein und misst mittelst der Messlatte oder des Messbandes die einzelnen Entfernungen.



Ist die Entfernung zweier Punkte grösser als 5 bezw. 20 Meter, so sind Hilfsfluchtstäbe einzuschalten; beispielsweise auf Strecke *a d*.

Man stellt sich ca. 3 Meter hinter *a* nach a_1, visiert an Stange *a* vorbei nach Stange *d* und lässt durch eine Hilfsperson die nötigen Stangen in der visierten Linie einstecken, z. B. *e f*.

Man misst dann die Entfernungen *a e* — *e f* — *f d*.

Hat man nur 3 Punkte zu bestimmen, so misst man die 3 Entfernungen, z. B. *a b* — *b c* — *c a* und ist dadurch in der Lage, das Dreieck jederzeit zu konstruieren, wenn man die ungefähre Lage und Grösse der Winkel skizziert hat. Man trägt die Strecke *a b* auf, beschreibt mit *a c* als Radius einen Kreisbogen um *a*, mit *b c* als Radius einen Kreisbogen um *b*, der Schnittpunkt beider Kreisbögen ist Punkt *c*.

Hat man mehr als drei Punkte zu vermessen, z. B. noch Punkt *d*, so konstruiert und misst man die notwendigen Dreieckseiten *a d* und *d c*, während *a c* schon bekannt ist, und verfährt wie beim ersten Dreieck.

Die Konstruktion der Karte ist nur richtig, wenn alle Messpunkte in einer Ebene liegen; liegt ein Punkt, z. B. *d* höher als

*) Preis 5.50—11.00 ℳ

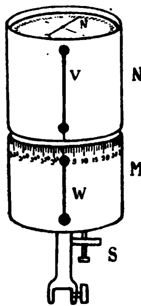
a, b, c, so sind die Messlinien *a d* und *c d* steigend, sie sind Hypotenusen eines rechtwinkligen Dreiecks.

Man hat daher nach den unter Nivellement beschriebenen Methoden die Höhendifferenz *a d* zu messen und konstruiert ein Hilfsdreieck, indem man um *a* einen Kreis mit dem Radius *a d* (gemessene Strecke) beschreibt, durch *a* eine Horizontale *a H* und eine Senkrechte *a S* darauf legt und auf der Senkrechten die Höhendifferenz *a d* aufträgt. Durch diesen Punkt zieht man eine Parallele zur Horizontalen *a H*, der Schnittpunkt derselben mit dem Kreisbogen ist Punkt *d*. Zieht man von diesem Schnittpunkt eine Senkrechte auf die Horizontale *a H*, so ist *a D* die gesuchte Projektion der Strecke *a d* und in die Karte einzuzeichnen.

Methode b) Man bedarf a) einer Anzahl der beschriebenen Fluchtstäbe, b) eines Messbandes, c) eines Winkelkopfes*), d) eines Transporteurs.

Der Winkelkopf dient zum Messen von Winkeln und besteht aus 2 übereinander liegenden Metalltrommeln *M* und *N*, welche unabhängig von einander drehbar sind.

Fig. 40.



Die beiden Trommeln tragen diametral entgegengesetzt je 2 Vertikalschlitze *V* und *W* (Visierschlitze), von denen Marken an den Rand der Trommel gehen. Stehen die Marken genau aufeinander so stehen die Schlitze übereinander, und bilden ein und dieselbe vertikale Visierebene. Die untere Trommel *M* trägt ausserdem eine Kreisteilung und ist mittelst einer Schraube *S* feststellbar. Häufig ist noch eine Bussole, das ist eine Magnetnadel mit Kreiseinteilung auf *N* aufgesetzt.

Zur Vermessung steckt man in die Messpunkte z. B. *b c d* wieder Fluchtstangen ein und befestigt in *a* auf einem vertikal stehenden Stock den Winkelkopf. Man stellt nun beide Marken aufeinander (0°) ein und dreht den Winkelkopf so lange, bis man durch die Schlitze *V* und *W* die Stange *b* sieht, worauf man die Trommel *M* mittelst der Stellschraube *S* feststellt.

---

*) Preis 20—42 *M*.

Nun dreht man die Trommel *N* so lange, bis man durch die Schlitze *V* die Stange *c* sieht und liest nun den Stand der Marke *V* an der unteren Kreisteilung ab, z. B. 45°.

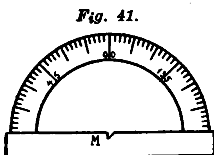
Der Winkel *b a c* ist also 45°.

Man misst nun die Distanz *a b* ab, stellt den Winkelkopf in *b* auf und misst den Winkel *a b c*, dann den Winkel *a b d*, geht nach *c*, misst die Winkel *b c a*, *a c d* und die Strecke *b c* u. s. f.

Man erhält so genügend Anhaltspunkte zur Konstruktion des Dreiecknetzes, wobei durch die Bussole auch noch die Himmelsrichtung genau fixiert werden kann.

Zum Übertragen der abgelesenen Winkel auf die Zeichnung dient der Transporteur, ein mit feiner Gradteilung versehener Messinghalbkreis mit angegebenem Kreismittelpunkt *M*.

Fig. 41.



Um zum Beispiel den Winkel *b a c* aufzutragen, zeichnet man die Strecke *a b* und Punkt *a* ein, legt den Durchmesser des Transporteurs so, dass er die Strecke *a b* deckt und der Mittelpunkt *M* genau auf *a* fällt und zieht mittelst eines Lineals eine Gerade durch den Mittelpunkt und den abgelesenen Winkel von 45°.

b. Nivellement.

Methode a) Man benötigt die in a) genannten Fluchtstäbe, ein einfaches Lot, ein Nivellierinstrument, bestehend aus einem 10 bis 20 m langen Gummischlauch von etwa 10 mm Lochweite mit an beiden Enden angesetzten Glasröhren von 50 cm Länge, welche durch Quetschhähne oder durch Metall- oder Hartgummihähne von dem Gummischlauch absperrbar sind; mehrere Messstäbe oder besser guter Messlatten.

Als Ausgangspunkt nimmt man einen durch einen

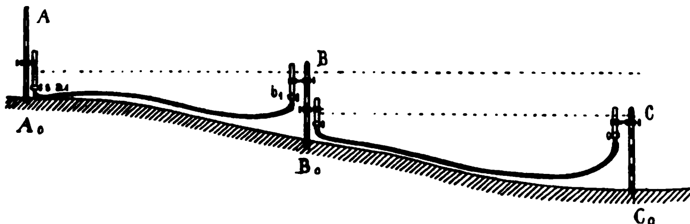
eingerammten Fluchtstab bezeichneten Punkt, am besten einen solchen, dessen Höhenlage genau gemessen ist, z. B. Fixpunkte an Bahnhöfen, Fixpunkte für trigonometrische Vermessung, oder man bestimmt die Höhenlage mittelst eines Höhenmessbarometers. Soll die Höhe eines zweiten Punktes *B* gemessen werden (Fig. 42), so rammt man an demselben einen Fluchtstab ein.

Man befestigt nun am Fluchtstab *A* mittelst einer Klammer das eine Glasrohr *R* des Nivellierinstrumentes, das man bei geöffneten Hähnen mit Wasser füllt, so dass bei den gleich hoch gehaltenen Glasröhren das Wasser beide Glasröhren etwa zur Hälfte noch anfüllt. Man schliesst nun beide Hähne und geht mit dem Endrohr *G* nach der Fluchtstange *B* und befestigt das Glasrohr *G* ebenfalls mit einer verstellbaren Klammer an die Stange (bezw. lässt dieses Rohr durch einen Gehilfen halten).

Man öffnet nun die beiden Hähne a_1 und b_1, und nun wird sich nach dem Gesetz der kommunizierenden Röhren das Wasser in beiden Schenkeln gleich hoch einstellen — d. h. die Menisken in beiden Schenkeln liegen in einem gemeinschaftlichen Horizont.

Man misst nun die genau lotrechte Entfernung der Menisken von den Lotpunkten A_0 und B_0, subtrahiert die kleinere Entfernung von der grösseren, die erhaltene Differenz giebt dann den Höhenunterschied beider Messpunkte A_0 und B_0 an.

Fig. 42.



Z. B. Die in nicht mehr als 20 m Entfernung von einander liegenden Punkte A_0 und B_0 sollen einnivelliert werden, und zwar auf den Horizont von A_0.

Die Entfernung des Meniskus in R von A_o sei 98 cm,
die Entfernung des Meniskus in G von B_o sei 150 cm,
dann ist $150 - 98 = 42$ cm, d. h.
Punkt B_o liegt 42 cm tiefer als A_o.

In gleicher Weise fährt man mit den Messungen weiterer Punkte fort und erhält schliesslich ein vollkommenes Bild der Höhenlagen, d. h. der Entfernung der einzelnen Messpunkte von einem gemeinschaftlichen Horizont.

Methode b. Man benötigt 1) ein Visierinstrument[1], bestehend aus einem Fernrohr mit Visierlinie und einer Horizontallibelle, 2) Messlatten[2] mit Einteilung in cm.

Man rammt an den einzuwägenden Punkten Pfähle bis auf das Niveau ein, setzt auf den einen das Nivellirinstrument, so dass die Libelle in allen Lagen horizontal einspielt, an den anderen Punkten stellt man nach einander die Messlatte vertikal auf und liesst mittelst des Fernrohres den Schnitt der Visirlinie mit der Messlatte ab. Man kennt damit die Entfernung der Visierlinie vom Fusspunkt (auszumessen) und die Entfernung der horizontalen Visierebene vom zweiten Punkt (abgelesen an der Messlatte); die Differenz beider ist der Höhenunterschied der 2 Punkte.

Methode c. Man benötigt 1 ganz gerade Setzlatte von 5 m Länge, 1 Messlatte mit Einteilung in cm, 1 Wasserwage (Libelle[3]).

Man stellt die Messlatte vertikal im tieferen Punkte auf, legt die Setzlatte am höheren Punkte an, richtet sie mittelst der Wasserwage absolut horizontal und liesst ihren Schnitt mit der Messlatte ab. Die Entfernung vom Fusspunkt zum Schnitt ist die Höhendifferenz. Diese Methode ist zweckmässig bei starken Neigungen.

---

[1] Rodenstock München. Preis 55 ℳ
[2] do. do. „ 15 ℳ
[3] do. do. „ 2—5 ℳ

Zur grafischen Darstellung der Messungen*) kann man sich entweder der Projektion auf eine Horizontal-Ebene (Kartenform) oder der Projektion auf eine Vertikalebene (Profilform) bedienen.

Als Ausgangsebene für die Karte nimmt man entweder die Ebene des ersten Messpunktes oder besser einen allgemein gültigen Horizont, der in Bayern z. B. 100 m über der eisernen Schwelle des Mittelportals der Frauenkirche in München liegt.

(Höhenlage der letzteren 518,9 Meter über dem Spiegel des adriat. Meeres.)

Bei der Darstellung von Profilen stellt sich dieser gemeinschaftliche Horizont als gerade Linie dar.

Die Entfernung eines Messpunktes vom gemeinschaftlichen Horizont nennt man Kote.

Punkte gleicher Höhenlage haben gleiche Koten und werden in Karten durch Kurven verbunden, welche man als Höhenkurven (Isohypsen) bezeichnet.

Aus einer Höhenkarte lassen sich die Profile leicht ableiten.

Es sei zum Beispiel gegeben eine Höhenkarte (Fig. 42) und soll aus derselben das Profil *GG* hergestellt werden.

Man trägt vor allem eine Linie *HH* ein, welche den Schnitt des gemeinschaftlichen Horizontes mit der Profilebene angibt und trägt auf derselben mittelst eines Abgreifzirkels die Schnittpunkte der Linie GG mit den Höhenkurven auf.

Senkrecht zur Linie *HH* errichtet man in den Schnittpunkten Gerade, auf welchen man die entsprechenden Koten abträgt.

Die so erhaltenen Niveaupunkte verbindet man durch eine Kurve, welche das Profil der Richtung *GG* darstellt.

---

*) Man benützt entsprechende Verkleinerung (1:500 oder 1:1000) und nimmt zum Auftragen der Strecken gleich Massstäbe in diesem Verhältnis, wie sie Schleicher & Schüll in Düren um 10 Pfg. aus zähem Papier liefern.

Fig. 43a.

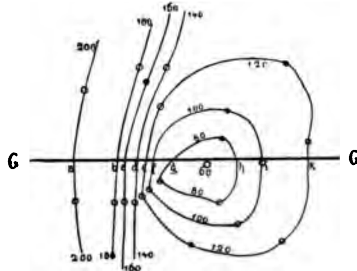
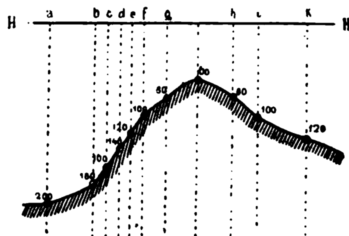


Fig. 43b.



Literatur: Bauernfeind, Elemente der Vermessungskunde. Stuttgart. (ℳ 18.—.)
Baule, Lehrbuch der Vermessungskunde. Leipzig 1890. (ℳ 8.80.)
Pietsch, Katechismus der Feldmesskunst. (ℳ 1.50.)
" " " Nivellierkunst. (ℳ. 2.—.)

II. Schichtung.

Es handelt sich nun um Feststellung der Bodenschichtung, d. h. der Aufeinanderlagerung der geognostischen Formationen, wozu meist geognostische und petrographische Tabellen zur Verfügung stehen.

Die Untersuchung an Ort und Stelle erfolgt entweder durch Ausgrabung oder Ausbohrung.

Bei der Ausgrabung hebt man ein Loch von 1—2 m Quadratfläche bis zur gewünschten Tiefe aus und zwar mit möglichst lotrechten Wänden, worauf man die einzelnen Schichten ihrer Mächtigkeit nach abmisst.

Leichter und tiefer eindringend gestaltet sich die Probe mit einem Bodenbohrer, am besten amerikanischen Tellerbohrer, welche durch Ramm- oder Bohrmaschinen eingetrieben werden und deren Löffel von 10 cm zu 10 cm heraufgezogen und entleert werden.

Durch Bohrversuche kann man grössere Terrains auf ihren Untergrund rasch untersuchen und erhält dann Profile und Untergrundkarten gleich denen der Bodenoberfläche.

III. Untersuchung.

Die Untersuchung des Bodens selbst ist nach seiner physikalischen Beschaffenheit und nach seiner chemischen Zusammensetzung vorzunehmen, dabei muss im ersteren Falle der Boden häufig in seiner natürlichen Lagerung untersucht werden. In den andern Fällen ist die Gewinnung einer guten Durchschnittsprobe Hauptsache.

Zur Probenahme kann man entweder eine 3—5 cm dicke Schichte einer Seitenwand der Ausgrabung verwenden oder die sämtlichen Auswürfe des Tellerbohrers.

Man wirft die sämtlichen Proben in ein Holzkistchen, mischt darin gut und entnimmt hieraus die Proben zu den einzelnen Untersuchungen.

Soll die Lagerung der Bodenbestandteile zu einander nicht verändert werden, so wird der Boden entweder ausgegraben, indem man einen Pfeiler in Mitte der Aushebung stehen lässt, oder der Boden wird mittelst scharfkantiger Metallcylinder ausgestochen und aus den Cylindern mittelst gut passender Holzkolben herausgepresst.

Korngrösse.

Poröser Boden ist meist aus verschieden grossen Teilen zusammengesetzt. Um nun verschiedene Böden vergleichen zu können, bestimmt man ihre Bestandteile nach der Korngrösse. Der Boden ist hiezu bei 100° C bis zum konstanten Gewicht zu trocknen. Nach Knopps Vorschlag benützt man Siebe mit sechs verschieden weiten Abteilungen und bezeichnet Korngrösse

die Teile mit mehr als 7 mm Durchmesser als Grobkies,
„ „ 4—7 „ „ „ Mittelkies,
„ „ 2—4 „ „ „ Feinkies,
„ „ 1—2 „ „ „ Grobsand,
„ „ 0.3—1 „ „ „ Mittelsand,
„ „ weniger als 0.3 mm „ „ Feinsand.

Man wägt z. B. 1000 g bei 100° C getrockneten Münchener Geröllbodens ab, bringt in den Siebsatz, siebt

gut ab und wägt dann die in den einzelnen Sieben enthaltenen Bestandteile:

Grobkies . .	556 g,	Grobsand .	59 g,
Mittelkies .	150 g.	Mittelsand.	65 g,
Feinkies . .	84 g,	Feinsand .	85 g,

zusammen 999 g, somit Verlust durch Verstauben 1 g.

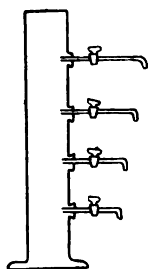
Schlämmanalyse:

Schlämmanalyse Die feineren Bestandteile können durch Schlämmanalyse noch weiter zerlegt werden. Das Prinzip dieser Methode besteht darin, die Feinsandbestandteile mit Wasser zu verteilen und die rascher und intensiver aufschwemmbaren Teile, den Staub und Thon, derart vom Feinsand zu trennen.

Über Apparate hiezu vergleiche F. Wahnschaffe. Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung. Berlin 1887.

Am einfachsten bedient man sich des Knopp schen Schlämmcylinders (Fig. 44); derselbe besteht aus einem 55 cm hohen Glascylinder, an dem in Abständen von je 10 cm 4 Tubulaturen angebracht sind, in welche mittelst Kautschukstopfen Glasröhren mit Hähnen eingesetzt sind. Die durch das Sieb von 0,3 mm Maschenweite durchgegangene Bodenprobe wird in den Cylinder gebracht und dieser bis auf 10 cm über die obere Tubulatur mit Wasser gefüllt. Man schüttelt 5 Minuten lang kräftig durch, lässt dann 5 Minuten lang ruhig stehen, öffnet den oberen Hahn und lässt das trübe Wasser in eine gewogene Schale ablaufen.

Fig. 44.



In gleicher Weise verfährt man beim zweiten und dritten Hahn — worauf man nochmals mit Wasser aufschüttelt und wieder abzieht.

Die einzelnen trüben Wässer werden verdampft und der Rückstand gewogen, ebenso wird der unten sitzen

bleibende Feinsand in eine gewogene Schale gespült und nach dem Abgiesen und Verdampfen des Wassers gewogen.

Porenvolumen.

Die Bestandteile des Bodens umschliessen grössere oder geringere Hohlräume (Poren), die mit Luft oder Wasser erfüllt sein können. Porenvolumen

Der Boden mit Ausschluss von Wasser und Luft nimmt ein geringeres Volumen ein, als dies, solange er mit den Poren gemessen wird, den Anschein hat, d. h. das wirkliche Bodenvolumen ist um das Porenvolumen kleiner als das scheinbare Gesamtvolumen.

Zur Bestimmung des Porenvolumens stampft man den Boden in eine Metallröhre ein, die unten mit einem Drahtnetz verschlossen ist und deren Volumen ausgemessen wird; z. B. Durchmesser 5 (Radius 2,5) cm, Höhe 20 cm, dann ist das Volumen nach der Formel $r^2 \times 3{,}14 \times h$

$$2{,}5 \times 2.5 \times 3{,}14 \times 20 \text{ ccm} = 392{,}5 \text{ ccm}.$$

In einem Messcylinder von 1000 ccm Inhalt werden nun 500 ccm Wasser genau abgemessen, dann schüttet man den Boden aus der Metallröhre völlig in das Wasser.

Würde nun der trockene Boden keine Poren enthalten, so würde das Wasser um das Bodenvolumen steigen, das Volumen müsste also 500 + 392,5 = 892,5 ccm sein.

Enthält der Boden aber Poren, so wird das Wasser hieraus die Luft verdrängen, was man durch Umrühren mit einem Glasstab befördert, und das Wasser wird um so weniger hoch steigen, je mehr Poren vorhanden sind.

Man liest den Stand des Wassers ab, z. B. 810 ccm, und zieht das Volumen des abgemessenen Wassers = 500 ccm ab, es bleibt dann das wirkliche Bodenvolumen zu 310 ccm.

Zieht man dann vom scheinbaren Bodenvolumen das wirkliche Bodenvolumen ab, so erhält man das Porenvolumen; also 392,5 — 310 = 82,5 ccm.

Das Porenvolumen ist auf Prozent des scheinbaren Bodenvolumens umzurechnen; dies geschieht nach der Gleichung: 392,5 : 82,5 = 100 : x,

$$\text{woraus } x = \frac{100 \times 82,5}{392,5} = 21,02\,\%, \text{ d. h.}$$

der untersuchte Boden enthält 21,02 % Poren.

Vergl. Renk, Zeitschrift für Biologie 15, 205.

Bestimmung der Wasserkapacität.

Wasserkapacität

Der Boden ist je nach der Korngrösse und der damit zusammenhängenden Porengrösse in verschieden hohem Grade befähigt, Wasser aufzunehmen und zurückzuhalten. Boden mit grossen Poren wird weniger Wasser zurückhalten und rascher durchfeuchtet werden, als Boden mit kleinen Poren. Die Befeuchtung kann von oben (Regen) oder von unten (Grundwasser) erfolgen, die Wasserkapacität ist je nachdem etwas verschieden.

Man giebt die Wasserkapacität an in Prozenten des Porenvolumens. Zur Bestimmung benützt man dieselben Blechcylinder wie zum Abmessen des Bodens und zwar wägt man den Cylinder leer und dann, nachdem der trockene Boden eingestampft ist. Man sättigt nun den Boden mit Wasser, indem man es entweder von unten her eintreten lässt, wozu man den Cylinder mit dem Boden in ein Gefäss setzt, welches höher als der Cylinder ist. Man giesst dann solange Wasser zwischen Gefäss und Cylinder, bis dasselbe auf der Oberfläche des Bodens im Cylinder erscheint und hebt dann den Cylinder aus dem Wasser, oder man lässt das Wasser von oben eintreten, wozu man solange Wasser auf den Boden im Cylinder giesst, bis es unten abläuft.

In beiden Fällen lässt man das überschüssige Wasser abfliessen, indem man wartet, bis keine Tropfen mehr erscheinen, trocknet den Cylinder äusserlich ab und wägt wieder. Die Gewichtszunahme ist gleich dem vom Boden zurückgehaltenen Wasser.

Gleichzeitig macht man eine Bestimmung des Porenvolumens und berechnet dann das zurückgehaltene Wasser auf Prozente der vorhandenen Poren, z. B.:

Das Porenvolumen wurde als 210,2 % ermittelt:

Cylinder mit trockenem Boden	1075 g,
„ leer	200 g,
Gewicht des trockenen Bodens	875 g,
Volumen desselben (Seite 147)	392,5 ccm.

Nach dem Durchfeuchten von oben wog der

Cylinder mit durchfeuchtetem Boden . . .	1125 g,
„ „ trockenem Boden	1075 g,
Gewichtszunahme durch Befeuchten von oben	50 g.

Es haben also 875 g oder 392,5 ccm Boden 50 g oder 50 ccm Wasser zurückgehalten.

Nach Seite 148 sind in 392,5 ccm Boden 82,5 ccm Poren (21,02 %), von diesen 82,5 ccm Poren blieben nach dem Durchfeuchten von oben 50 ccm mit Wasser erfüllt oder in Prozente umgerechnet nach dem Ansatz 82,5 : 50 = 100 : x, woraus x = 60,61 ccm, 60,61 %, d. h. beim Durchfeuchten von oben betrug die Wasserkapacität 60,61 % des Porenvolumens.

Nach der Durchfeuchtung von unten wog der

Cylinder mit durchfeuchtetem Boden	1133 g,
„ „ trockenem Boden	1075 g,
Gewichtszunahme durch Befeuchten von unten	58 g.

Es haben 875 g oder 392,5 ccm Boden also 58 g oder 58 ccm Wasser zurückgehalten, von 82,5 ccm Poren blieben nach dem Durchfeuchten von unten 58 ccm mit Wasser erfüllt, oder nach dem Ansatz

82,5 : 58 = 100 : x, woraus x = 70,3 ccm, 70,3 %,

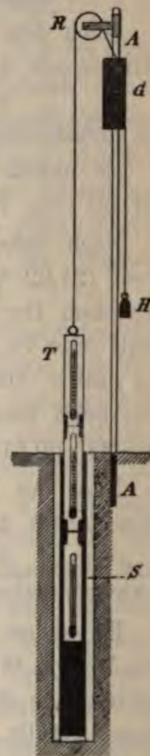
d. h. beim Durchfeuchten von unten betrug die Wasserkapacität 70,3 % des Porenvolumens.

Bestimmung der Bodentemperatur.

Boden-temperatur

Zur Messung der Bodentemperatur fertigt man einen 3 m tiefen Schacht an, der mit glatten Holzbohlen ausgekleidet wird (Fig. 45). In demselben ist ein ebenso langer Holzklotz (aus mehreren Teilen zusammengesetzt) *T* verschiebbar, in den in verschiedenen Tiefen Bodenthermometer eingelassen sind. Diese Bodenthermometer sind langsam reagierende Quecksilberthermometer mit grossem Vorratsgefäss, welche infolge dieser Konstruktion während des Heraufziehens ihren Stand nicht ändern.

Fig. 45



Behufs bequemeren Ablesens ist der Holzklotz *T* mittelst einer Schnur aufziehbar, welche über eine an einer 4 m hohen Eisenstange *A A* angebrachte Rolle *R* läuft und die Handhabe *H* besitzt. Um den Holzklotz mit den Thermometern in jeder Stellung halten zu können, ist an der Schnur ein an der Stange *A* bewegliches Gegengewicht *G* angebracht.

Messung der Grundwasserhöhe.

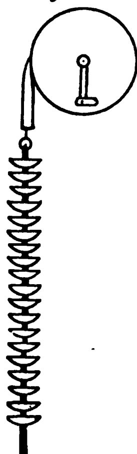
Grundwasser-stand

Die Schwankungen des Grundwassers sind in der Regel ein richtiger Index für den Wechsel der Feuchtigkeit der über dem Grundwasserspiegel liegenden Bodenschichten; es ist daher wichtig, Messungen des Grundwasserstandes regelmässig vorzunehmen und zwar wenn möglich an verschiedenen Brunnen, deren Fixpunkte auf einen gemeinsamen Horizont einnivelliert sind.

Der Brunnen muss hiebei folgende Bedingungen erfüllen:

1. er muss einen unverrückbaren Fixpunkt (Cote) besitzen, der als Nullpunkt für die Messungen dient, z. B. eine eiserne oder steinerne Bunnenkranzkante
2. Sein Wasserstand darf nicht innerhalb der Stauhöhe eines Flusses liegen und mit dem des Flusses nicht auf- und abgehen.
3. Zwischen der Bodenoberfläche und dem Wasserspiegel darf sich keine wasserundurchlässige Schichte befinden.
4. Der Brunnen darf nicht in der Nähe von Brunnwerken liegen, aus welchen zeitweise mehr oder weniger Wasser entnommen wird.
5. Muss ermittelt werden, binnen welcher Zeit der Wasserspiegel, wenn grössere Wassermengen aus dem Brunnen entnommen worden sind, wieder den ursprünglichen Stand erreicht (Ermittlung des Wasserzuflusses), und darf eine Messung erst vorgenommen werden, wenn seit der letzten Wasserentnahme mindestens die so ermittelte Zeit verflossen ist.

Fig. 46.



Die Messung des Grundwasserstandes kann folgendermassen vorgenommen werden:

Man bringt am Ende eines Messbandes nach v. Pettenkofers Vorschlag einen Metallstab an, um den Metallschälchen in Abständen von 0,5 cm angebracht sind und zwar so, dass der Rand des ersten Schälchens den Nullpunkt des Messbandes bildet (Fig. 46).

Man senkt das Messband in den Brunnen, bis ein Teil des Schälchenstabes in's Wasser taucht, was man am Lockerwerden der Leine spürt, liest das Messband am Fixpunkt ab, zieht dann vorsichtig empor und

addiert nun zu der am Messband abgelesenen Entfernung noch die halbe Zahl der nicht mit Wasser gefüllten Schälchen.

Für fortlaufende Messungen empfiehlt es sich, eine Schwimmervorrichtung einzurichten (Fig. 47). Als Schwimmer dient ein hohler Blechcylinder *a*, der an einem Messingkettchen befestigt ist, das über eine Rolle *b* läuft und am entgegengesetzten Ende ein Gegengewicht *g* und einen Zeiger *z* trägt. Dieser Zeiger giebt die Auf- und Abwärtsbewegung des Grundwaserspiegels an einer Skala $d\,d_1$ an.

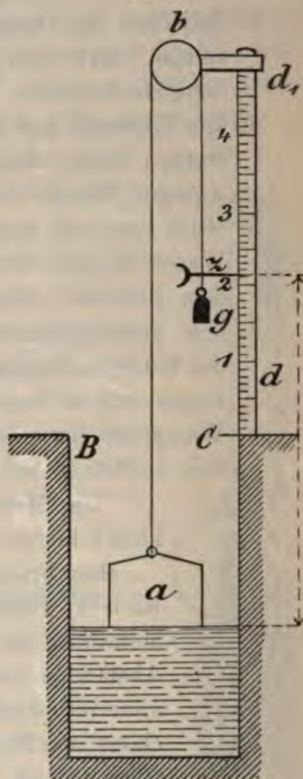


Fig. 47.

Diese Skala $d\,d_1$, deren Nullpunkt der Brunnenfixpunkt *C* ist, ist aufsteigend, und sie entspricht von *C* an der Brunnentiefe, in Fig. 47 z. B. ist die Entfernung des Brunnenfixpunktes vom Brunnenboden 5 m, ebenso die Entfernung $C\,d_1$.

Der Zeiger *z* zeigt dann die Entfernung des Grundwasserspiegels vom Brunnenfixpunkt an der Skala an, z. B. 2,16 m.

Steigt der Wasserspiegel im Brunnen *B*, so hebt sich auch der Schwimmer *a*, dafür fällt der Zeiger *z* und zeigt jetzt eine ebensoviel kleinere Höhe an der Skala $d\,d_1$, als das Wasser gestiegen ist d. h. wieder genau die Entfernung des Grundwasserspiegels vom Fixpunkt.

Temperatur des Grundwassers

Zur Messung der Temperatur des Grundwassers benützt man langsam reagierende Quecksilberthermometer,

deren Kugel in einem am Thermometer befestigten Gefäss, welches beim Heraufziehen mit Wasser gefüllt bleibt, befindlich ist, so dass das Instrument beim Heraufziehen seinen Stand nicht ändert.

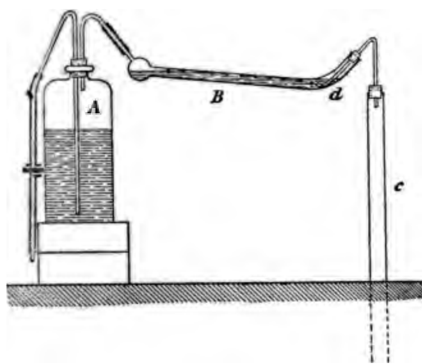
Bestimmung der Kohlensäure in der Grundluft.

Der Gehalt der Grundluft an Kohlensäure wurde früher als ein Masstab für die Zersetzungsvorgänge im Boden angesehen, es hat sich jedoch ergeben, dass dieser Gehalt noch von vielen anderen Faktoren abhängig ist. **Kohlensäure in der Grundluft**

Zur Bestimmung der Kohlensäure in der Grundluft benützt man die Pettenkofersche Methode mit folgender Abänderung (Fig. 48).

Man treibt ein Eisenrohr *c* $1/2-2$ m in den Boden ein und saugt daraus mittelst eines Aspirators *A* etwa 6 Liter Luft aus, um das Rohr sicher mit Grundluft zu füllen. Man füllt dann den Aspirator frisch und wägt denselben. Der Aspirator ist für den eigentlichen Versuch an einem beschatteten Orte aufzustellen oder durch Schirme vor der Sonne zu schützen.

Fig. 48.



Man füllt dann in eine Pettenkofersche Absorptionsröhre *B* 100 ccm Barytwasser (Seite 72) und verbindet die Röhre *B* einerseits mit dem Aspirator, anderseits mit der Röhre *c*, wie in Fig. 48 ersichtlich. Beim Ansaugen des Aspirators tritt die Luft aus *c* durch die feine Spitze des Glasröhrchens *d* in das Barytwasser und durchströmt dasselbe je nach der Schiefstellung der Röhre *B* in mehr oder minder kleinen Perlen.

Man regelt den Gang des Apparates so, dass die einzelnen Luftperlen gut zu zählen sind.

Gleichzeitig ermittelt man die Temperatur der Luft am Aspirator, den Barometerstand und die Temperatur am Barometer.

Nachdem man etwa 2 Liter Luft durchgeleitet hat, unterbricht man den Versuch, schliesst die Gummiverbindung zwischen *d* und *c* mittelst eines Quetschhahnes und nimmt das Absorptionsrohr *B* ab. Durch Öffnen des Quetschhahnes lässt man dann das Barytwasser durch die Kugelöffnung in ein Fläschchen abfliessen und verfährt damit weiter, wie unter „Kohlensäurebestimmung in der Luft", Seite 75, angegeben.

Die Menge der durch das Barytwasser geleiteten Luft erfährt man, indem man den Aspirator nach dem Versuche wieder wägt, die Gewichtsabnahme in g ist gleich dem Volumen der durchgeleiteten Luft in ccm.

Tension des Wasserdampfes Bei der Reduktion des im Aspirator gemessenen Luftvolumens ist auch, weil die Luft mit Wasser gesättigt gemessen ist, die Tension oder Spannkraft des Wasserdampfes *T* (Dunstdruck) zu berücksichtigen.

Die Tension kann ohne erheblichen Fehler aus Tabelle IV (Seite 33) entnommen werden, wenn man statt g Wasserdampf in 1 cbm Luft mm Spannkraft setzt; z. B. wird die Spannkraft des Wasserdampfes in einem mit Wasser gesättigten Luftvolumen, gemessen bei 720 mm und 15,4° C, sein 13,08 mm, der wirkliche Luftdruck ist also nur 720 —13,08 = 706,92 mm.

Man hat, um den wirklichen Druck zu finden, unter dem das Luftvolumen steht, vom beobachteten Druck die Tension *T* des Wasserdampfes für die beobachtete Temperatur in Abzug zu bringen und den Ausdruck $(b_t - T)$ mm nach Reduktion von b_t auf 0° dann in die Formel Seite 80 einzusetzen.

Chemische Untersuchung des Bodens.*)

Die Bestandteile des Bodens werden am zweckmässigsten in kg pro cbm Boden angegeben und ist daher zu bestimmen, wieviel ein bestimmtes Bodenvolumen wiegt. Chemische Untersuchung

Man füllt den frischen Boden in ein gewogenes cylindrisches Gefäss von bekanntem Inhalt, bis durch Aufstossen desselben und Klopfen der Wände kein weiteres Zusammensitzen mehr stattfindet, und wägt dieses abgemessene Bodenvolumen.

a) Bestimmung des Wassers. 200—500 g des Bodens werden in einer gewogenen Porzellanschale genau abgewogen und in einem Trockenschrank bei 100° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Zwischen den einzelnen Wägungen ist je 1 Stunde lang zu trocknen.

Der Gesamtgewichtsverlust giebt den Wassergehalt in der abgewogenen Menge Boden, der dann auf das Gewicht in 1 cbm Boden umgerechnet wird, z. B.:

1 Liter frischer Boden wog 1850 g, also
1 cbm 1850 kg.

200 g dieses Bodens gaben beim Trocknen einen Gesamtgewichtsverlust von 24,4 g.

Man hat daher folgenden Ansatz:

$$200 : 24{,}4 = 1850 : x, \text{ woraus } x = 225{,}7 \text{ g.}$$

Es enthielten also 1850 g oder 1000 ccm Boden 225,7 g Wasser, daher

waren in 1 cbm Boden 225,7 kg Wasser.

b) Für die weitere chemische Analyse werden ungefähr 1000 g des Bodens nach und nach in einem Stahlmörser in ein staubfeines Pulver verwandelt und durch ein feines Sieb getrieben. In

---

*) Vergl. R. Emmerich: Die Verunreinigung der Zwischendecken Zeitschr. f. Biologie. 18. 253,

50 g desselben wird das Wasser bestimmt, gleichzeitig mit dieser Probe werden alle anderen Proben abgewogen.

c) Gesamtmenge der löslichen Stoffe. 100 g des Pulvers werden in einer Flasche mit 300 ccm Wasser während 12 Stunden häufig geschüttelt. Man filtriert dann den wässrigen Auszug durch ein Faltenfilter ab, misst 100 ccm des Filtrates ab, verdampft dieselben in einer gewogenen Porzellanschale auf dem Wasserbad und trocknet bei 100° C bis zur Gewichtskonstanz.

Man erhält die Gesamtmenge der in 100 ccm des Filtrates gelösten Stoffe, die dann auf 1 cbm trockenen Boden umgerechnet werden.

In dem Rest des Filtrates prüft man nach den unter „Wasser“ angegebenen Methoden auf Ammoniak und salpetrige Säure und bestimmt Chlor, Salpetersäure und organische Substanzen.

d) Zur quantitativen Bestimmung des Ammoniaks benützt man die Methode von Schlösing (Fresenius, Quant. Analyse. VI. Aufl. II. Bd. 680), in der von A. Baumann angegebenen Ausführung.

(Landw. Versuchsstationen 1887. 247. Bd. 33.)

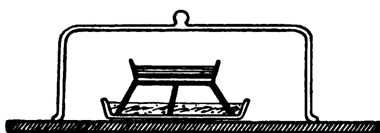
50 g des nach b hergestellten Bodenpulvers werden in einer flachen Glasschale mit geraden Wänden mit 50 ccm kalter, konzentrierter Natronlauge mittelst eines Glasstabes rasch gemischt, worauf man einen gläsernen Dreifuss in die Mischung stellt, der ein Glasschälchen mit 10 ccm Normalschwefelsäure trägt. (Fig. 49.)

Das Ganze stellt man auf eine Glasplatte und überdeckt mit einer Glasglocke, deren unterer Rand behufs luftdichten Abschlusses eingefettet ist.

Man lässt 48 Stunden stehen, innerhalb welcher Zeit das im Boden enthaltene Ammoniak durch die Natronlauge ausgetrieben und von der Schwefelsäure absorbiert

ist — man spült die Schwefelsäure aus dem Schälchen

Fig. 49.



verlustlos in ein Becherglas, spült mit destilliertem Wasser nach und titriert die nicht mit Ammoniak gesättigte Schwefelsäure mittelst $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge und Rosolsäure als Indikator zurück.

Beispiel: Es wurden verwendet 50 g Bodenpulver, in das Schälchen wurden 10 ccm Normalschwefelsäure gegeben.

Die Titration ergab:

10 ccm Normalschwefelsäure ohne Ammoniak	=	100,0 ccm	$^1/_{10}$ Normalnatronlauge
10 „ „ „ mit „	=	95,6 „	$^1/_{10}$ „ „
Differenz		4,4 ccm	$^1/_{10}$ Normallauge.

Da 10 ccm Normalschwefelsäure = 100 ccm $^1/_{10}$ Normallauge = 0,170 g Ammoniak, ist

1 ccm Normallauge = 0,0017 g Ammoniak, also

4,4 „ „ = 0,00748 g „

folglich enthalten 50 g Boden 0,00748 g Ammoniak, daher
100 g Boden 0,01496 g Ammoniak.

e) Gesamtstickstoff. Die Bestimmung erfolgt nach der im Kapitel „Nahrungsmittel“ ausführlich beschriebenen Methode von Kjedahl, hier aber nach einer von Jodlbauer angegebenen Modifikation. (Chem. Centralblatt. 1886. 433.)

Man verwendet 5—10 g Boden, von stark humushaltigen Böden höchstens 2 g und setzt in einem Kölbchen 20 ccm Phenolschwefelsäure und 1 Tropfen metallisches Quecksilber zu und verfährt weiter wie später angegeben.

(Die Phenolschwefelsäure erhält man durch Auflösen von 40 g krystallisierter Karbolsäure in 1 Liter konz. Schwefelsäure.) Den Kolbeninhalt filtriert man durch eine dünne Glaswollschichte in den Destillationskolben, wäscht mit

Wasser nach und destilliert das gebildete Ammoniak nach dem Übersättigen mit Natronlauge in 10 ccm vorgelegte Normalschwefelsäure.

(Genaue Beschreibung siehe „Nahrungsmittel. Allgemeine Bestandteile".)

Beispiel. 10 g Boden wurden wie beschrieben behandelt, zum Titrieren wurden 10 ccm Normalschwefelsäure vorgelegt und mittelst $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge zurücktitriert.

10 ccm Normalschwefelsäure ohne Stickstoff = 100,0 ccm $^1/_{10}$ Normallauge
10 ccm „ „ mit „ = 87,1 „ $^1/_{10}$ „ „

Differenz 12,9 ccm $^1/_{10}$ Normallauge.

Da 1 ccm $^1/_{10}$ Normallauge = 0,0014 g Stickstoff,
sind 12,9 ccm „ „ = 0,01806 g „
folglich enthalten 10 g Boden 0,01806 g Stickstoff
oder 100 g Boden 0,1806 g Stickstoff.

Werke über Bodenuntersuchung:

Wahnschaffe: Anleitung zur wissenschaftl. Bodenuntersuchung. Berlin. 4 M.

Fresenius: a. a. O. Seite 656 u. f.

V.

Bakteriologische Untersuchung von Wasser, Luft, Boden etc.

Die Methoden der Sterilisation.

In der Luft, im Wasser, dem Boden, auf allen Gegenständen, auf der Oberfläche des menschlichen Körpers, an den Kleidern, kurz in unserer ganzen Umgebung sind bekanntlich entwickelungsfähige Keime von Bakterien und anderen niederen Pilzen, oft in enormer Zahl, vorhanden.

Da nun aber die Ausführung der Reinkultur bestimmter Bakterienarten selbstverständlich voraussetzt, dass die hierbei zur Verwendung kommenden Nährsubstrate, Gefässe, Instrumente etc. „keimfrei“ sind, so ist das „Keimfreimachen“ oder „Sterilisieren“ von Nährmedien, Gegenständen, Instrumenten etc. eine Arbeit, mit welcher der Bakteriologe tagtäglich zu thun hat. Die richtige Durchführung der Sterilisation ist die Grundbedingung des Gelingens jeder weiteren Arbeit.

Von allen Organisationsformen der niederen Pilze sind bekanntlich die Dauerformen oder Sporen der Bakterien am schwersten zu vernichten.

Man muss aber beim Sterilisieren von Nährsubstraten, Gegenständen etc. immer die Möglichkeit voraussetzen, dass dieselben mit solchen am schwierigsten zerstörbaren Dauerformen (Sporen) behaftet sind.

Von prinzipieller Wichtigkeit ist ferner die Thatsache, dass die Sporen aller niederen Pilze, namentlich auch die Sporen der Bakterien durch Hitze viel leichter in Flüssigkeiten zu vernichten sind, als in trockenem Zustande.

Man unterscheidet deshalb:

1. die Sterilisation durch trockene,
2. die Sterilisation durch feuchte Hitze.

Zur Zerstörung der Sporen etc. durch feuchte Hitze sind niedrigere Temperaturgrade ausreichend, als zur Sterilisierung durch trockene Hitze.

Diese Resistenz der Sporen gegen trockene Hitze beruht nach E. Cramer auf ihrem hohen Trockensubstanzgehalt (bei Schimmelpilzsporen 61,13 % gegenüber 12,36 % des Mycels), sowie auf dem Umstande, dass sie ihr sämtliches Wasser als hygroskopisches enthalten, also in trockener Luft sehr rasch Wasserdampf abgeben und nunmehr wahrscheinlich nur aus reinem wasserfreien Eiweiss bestehen. Es ist nun aber bekannt, dass Eiweiss, welches in wässeriger Lösung bei 56° coaguliert, in wasserfreiem Zustand erst bei 160 bis 170° in Wasser unlöslich wird (Lewith).

Sterilisation durch trockene Hitze.

Sterilisation durch trockene Hitze

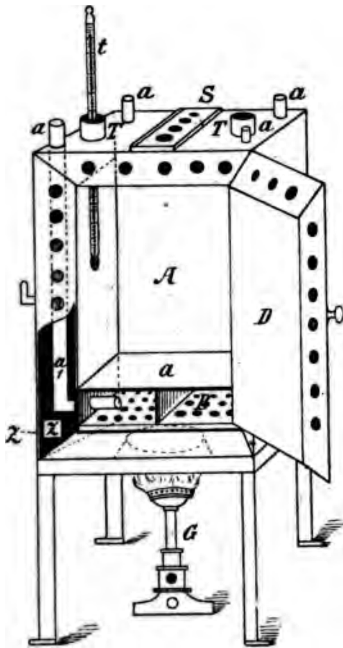
Die einfachste Methode der Sterilisation durch trockene Hitze ist das Erhitzen der zu sterilisierenden Gegenständen in der Flamme. Alle Objekte, welche durch eine Flamme nicht oder nicht erheblich geschädigt werden, wie z. B. die Platindrähte, die wir zum Übertragen der Kulturen verwenden, im Notfalle auch Messer, Scheren etc., können so rasch und sicher sterilisiert werden.

Es ist nicht nötig, Messer etc. bis zum Glühen zu erhitzen, es genügt, alle Teile des Instrumentes solange in gleichmässiger Weise durch die Flamme zu führen, bis ein um ein geringes länger erhitzter Teil des Messerrückens blau zu werden beginnt.

Eine nur sehr geringe Schädigung erleiden die Instrumente etc., wenn man statt des Abflammens diejenigen Grade trockener Hitze einwirken lässt, welche zum Sterilisieren eben ausreichend sind.

Untersuchungen von Rob. Koch und die Erfahrungen im Laboratorium haben gezeigt, dass man bei Anwendung kleiner Apparate, z, B. des Kochschen doppelwandigen Sterilisationskastens, nur während einer 1/2 Stunde die zu desinfizierenden Gegenstände bei einer Temperatur von 160⁰ C zu belassen braucht, um sie keimfrei zu machen.

Fig. 50.



Der Kochsche Sterilisierungsapparat zum Sterilisieren trockener Gegenstände mittelst heisser Luft von 160⁰ C (Fig. 50) besteht aus einem doppelwandigen Kasten von Schwarzblech mit zwei für den Thermoregulator und das Thermometer bestimmten Messingtuben *TT*, einem Schieber zum Regulieren des Luftzugs *S*, zwei Etageneinlagen und einer doppelwandigen Thüre *D* aus Schwarzblech. Zwischen der inneren *a* und äusseren Bodenplatte, welch' letztere aus Kupfer besteht, ist eine Kammer (*B*) zum Vorwärmen der Luft eingeschaltet.*)

*) Preis eines solchen durch Heissluftventilation verbesserten Apparates je nach der Grösse 18—75 ℳ bei Rohrbeck, Berlin sowie Ulrich in München, Goethestr. 3.

Neuere Apparate besitzen auch Vorrichtungen zur Ventilation mit heisser Luft, indem die Kammer *B* durch Metallröhren *a a* und *a a a* mit der Aussenluft in Verbindung gesetzt werden kann.

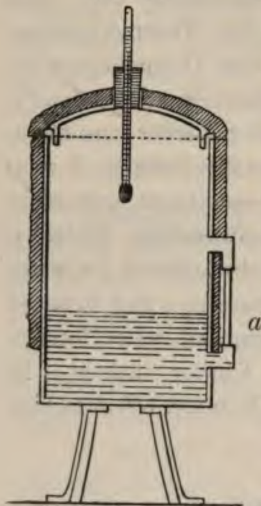
Instrumente (Messer, Scheren, Pincetten etc.) werden in geschlossene Eisenblechbüchsen gebracht und zum Sterilisieren in den Trockensterilisierungskasten gestellt. Auch Glasstäbe, Glasplatten und die zur Aufbewahrung der Nährsubstrate bestimmten Glasgefässe mit Watteverschluss, kurz alle trockenen Gegenstände, welche sterilisiert werden sollen, müssen eine 1/2 Stunde in dem Apparat bleiben, von dem Zeitpunkt an gerechnet, bei welchem das darin befindliche Thermometer 160 ⁰ C zeigt.

Sterilisation durch feuchte Wärme.

Sterilisation im strömenden gesättigten Wasserdampf von 100° C.

Zum Sterilisieren von Flüssigkeiten, Nährsubstraten wie Gelatine und Agar-Agar dient die zweite Methode, die Sterilisierung durch feuchte Wärme, und zwar wendet man am einfachsten strömenden, nicht gespannten Dampf an. Man benützt hiezu den Dampfsterilisierungsapparat von Koch. Derselbe besteht aus einem Blechcylinder mit Filzumkleidung. Das untere Drittel, welches keine Umkleidung hat, dient als Wasserbehälter, welcher mit einem Kupferboden, Wasserstandsrohr (*a*) und Ausflusshahn versehen ist. Der Deckel des Apparates besitzt einen Tubus für das Thermometer.

Fig. 51.



Über dem unteren Drittel des Apparates befindet sich ein Rost, auf welchen die zu sterilisierenden Objekte gestellt werden. Das Wassergefäss wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt, dann bringt man eine Heiz-

flamme unter den Boden desselben. Sobald der Dampf in kräftigem Strahl am lose aufgesetzten Deckel ausströmt, zeigt das Thermometer im Innern 100° C, oder bei niedrigerem Barometerstand als 760 mm 1—2° weniger.

Von diesem Zeitpunkt an gerechnet bleiben die zu sterilisierenden Flüssigkeiten $^1/_2$—$^3/_4$ Stunden im Apparat. Ein kleines Flüssigkeitsquantum von 10—100 ccm ist in 30 Minuten, ein grösseres bis zu 1 Liter erst in 45 Minuten sterilisiert.

Man kann auch dadurch Flüssigkeiten etc. sterilisieren, dass man sie an drei aufeinanderfolgenden Tagen je 10 Minuten in den strömenden Dampf bringt.

Es ist wohl zu beachten, dass die Gefässe, Reagensgläser etc., in welche die zu sterilisierenden Flüssigkeiten gebracht werden, samt dem als Verschluss dienenden Wattepfropf zunächst eine Stunde im Trockensterilisierkasten bei 160° C sterilisiert werden müssen. Erst dann werden die Flüssigkeiten, Nährgelatine etc. eingefüllt und behufs Sterilisierung der letzteren das Gefäss mit Inhalt $^3/_4$ Stunden in den strömenden Dampf gestellt. Von Anfängern wird hiegegen oft dadurch gefehlt, dass sie die Flüssigkeiten in nicht sterilisierten, mit nicht sterilisierter Watte verschlossenen Gefässen in den strömenden Dampf bringen. Hiebei kommt es oft vor, dass an der nicht benetzten Glaswandung oder im Wattepfropf haftende Keime nicht zerstört werden, welche dann späterhin die Flüssigkeit infizieren können. Man muss also stets daran denken, dass alle trockenen Gegenstände, auch wenn sie zur Aufnahme von im Dampfkochtopf zu sterilisierenden Flüssigkeiten bestimmt sind, zunächst in trockener Hitze von 160° C keimfrei gemacht werden müssen.

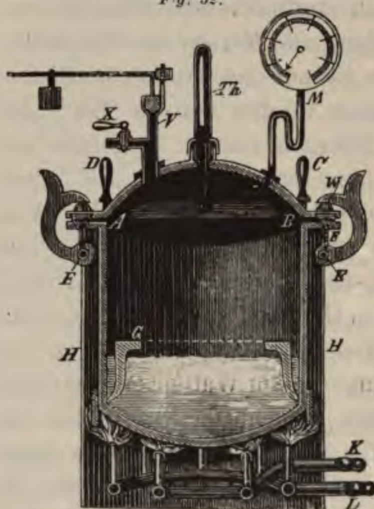
Sterilisation im gespannten gesättigten Wasserdampf

Etwas komplizierter, als die Sterilisierung im strömenden Dampf ist die Sterilisation im gespannten, gesättigten Wasserdampf von höherer Temperatur als 100° C. Diese Methode ist aber das wirksamste, schnellste und billigste Verfahren, wenn man

Zeit und Gasverbrauch in Geld umsetzt und daher für Laboratorien das empfehlenswerteste, zumal auch viele Substanzen bei den wenigen Minuten (15—20), welche zum Sterilisieren bei 110—120° C erforderlich sind, viel weniger verändert oder geschädigt werden, als beim Sterilisieren im strömenden Dampf, welchem sie eine oder mehrere Stunden ausgesetzt werden müssen.

Zum Sterilisieren im gespannten Dampf benützt man den Papinschen Topf, (Fig. 52) welcher von Naegeli in die Bakteriologie eingeführt und von Pasteur und Heydenreich verbessert wurde. Derselbe besteht aus einem Kupferkessel von 30 resp. 35 cm Höhe und 20 resp. 30 cm Breite. Der kleinere Apparat wird mit 2, der grössere mit etwa 3 Liter Wasser gefüllt und die zu sterilisierenden Objekte (Kolben mit Nährflüssigkeiten etc.) werden auf den mit dem Drahtnetz *G* versehenen Dreifuss direkt gestellt oder in ein auf letzterem befindliches cylinderförmiges Einsatzgefäss aus Blech oder Drahtnetz, welches leicht hineingebracht und herausgehoben werden kann.

Fig. 52.



Alsdann wird der mit den Handhaben *C* und *D* versehene Deckel durch die um *E* drehbaren Klemmen auf den Wall *W* dampfdicht angepresst. In den Deckel ist ein Manometer *M*, ein Thermometer *Th* und ein Sicherheitsventil *V*, welches seitlich noch einen Ablasshahn *X* hat, luftdicht eingefügt. Das Ventil *V* ist durch ein Gewicht belastet, das auf einem langen Hebelarm ver-

schiebbar ist und durch welches man einen bestimmten Dampfdruck im Kessel und damit aus physikalischen Gesetzen eine konstante Temperatur des Dampfes erzielen kann. (Cf. Tabelle über die Spannung des gesättigten Wasserdampfes in Recknagels Kompendium der Experimental-Physik. 1876 Seite 251.)

Um nun im Innern einen Wasserdampf von z. B. 120° C zu erhalten, zündet man die an den Heizringen *K* und *L* befindlichen Brenner an und hält den Ablasshahn *X* zum Vertreiben der Luft so lange offen, bis das Dampfthermometer *Th* 3—4 Minuten ca. 100° und das Manometer *M* nicht mehr als eine Atmosphäre anzeigt. Alsdann schliesst man den Hahn *X* und bringt die Dampftemperatur auf 120° C. Diese Temperatur wird in höchstens 10—15 Minuten erreicht sein, da der Dampfkessel von einer Umhüllung *H* aus Eisenblech umgeben ist, welche die Wärme der Flamme ohne Verlust zur Wirkung bringt.

Stellt man nun das Gewicht durch Vor- und Zurückschieben auf die dieser Temperatur (120° C) entsprechende Marke des Belastungshebels, so muss sich das Sicherheitsventil von selbst öffnen und durch automatisches Mehr- oder Minderöffnen die Temperatur mit geringen Schwankungen auf derselben Höhe bleiben. Ist dies der Fall, dann lässt man den Topf noch 10 Minuten auf dieser Temperatur von 120° C und kann dann sicher sein, dass die gewöhnlichen Mengen Flüssigkeit von circa 50 ccm sicher sterilisiert sind.

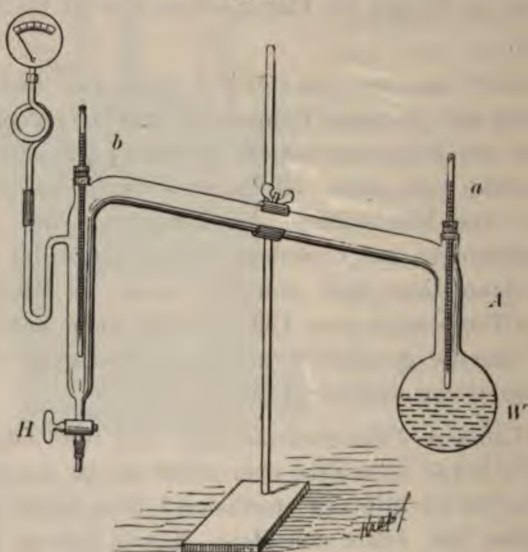
(Grössere Flüssigkeitsmengen und feste Objekte erfordern etwas mehr Zeit, aber selbst solche von 3½ Liter sind so in 15 Minuten sterilisiert.) Nun löscht man die Flammen aus, öffnet den Hahn *X* von Zeit zu Zeit ein wenig, um den Dampf langsam innerhalb 5 Minuten abzulassen, weil bei plötzlicher Entleerung des Dampfes die Flüssigkeiten in den Gefässen heftig sieden und heraus-

geschleudert werden. Ist die Temperatur von 100° C und der Druck von einer Atmosphäre wieder erreicht, dann schlägt man die Haken *E* herab und nimmt den Deckel ab, sowie die Objekte heraus.

Gegen die Anwendung des Papinschen Topfes hat man den unberechtigten Einwand erhoben, dass die in demselben befindlichen, zu sterilisierenden Flüssigkeitsmengen die Dampftemperatur nur sehr langsam annehmen. Fitz und Heydenreich zeigten jedoch, dass man nur dann zu einem unrichtigen Resultat gelangt, wenn man versäumt, die Luft aus dem Dampfkochtopf zu entfernen und dass, wenn letzteres geschieht, die Flüssigkeiten im Verlauf von wenigen Minuten die Dampftemperatur annehmen.

Luft in Gegenwart von überhitzten Dämpfen verhindert nach dem Gesetz von Watt die Kondensation

Fig. 53.



der Dämpfe. Die Abgabe der Dampftemperatur an die zu sterilisierenden Flüssigkeiten muss aber durch Bethauung geschehen. Da Luft ein sehr schlechter Wärme-

leiter ist, so kann sie sich nur sehr langsam in allen Schichten erwärmen, sie verhindert also auch die Erwärmung der in Gefässen eingeschlossenen Flüssigkeiten, wenn sie dieselben im Dampfkochtopf umhüllt. Man kann sich von diesen Thatsachen durch folgendes Experiment überzeugen. In dem dampfdicht geschlossenen Glasapparat (Fig. 53) *A* sind die Thermometer *a* und *b* eingefügt. Man erhitzt das Wasser *W* solange bis das Thermometer *a* 105 bis 110° C zeigt. Die Luft wird dabei gegen *b* hin verdrängt und das Thermometer *b* zeigt desshalb immer noch die Temperatur der Zimmerluft (16—20° C), auch wenn *a* schon 110° C zeigt. Auch findet weder Kondensation noch Bethauung von *b* statt. Öffnet man nun aber den Hahn *H* so lange bis das Manometer um eine Atmosphäre zurückgegangen ist, so strömt die Luft aus, es findet Kondensation und Betauung statt und das Thermometer *b* steigt rapide, fast momentan auf die Temperatur, welche *a* anzeigt.

Bei der Handhabung des Papinschen Topfes ist also zu beachten, dass durch die Temperatur allein die Eigenschaften des Dampfes noch nicht bestimmt sind, denn Dampf von derselben Temperatur kann nass, also gesättigt, oder trocken, also überhitzt sein. Trockener und überhitzter Dampf wirkt aber viel schlechter desinfizierend als nasser, gesättigter Dampf. Wenn die Heizflamme am Papinschen Topf seitlich in die Höhe schlägt, so werden die Wandungen überhitzt und im Innern des Topfes befindet sich überhitzter, also trockener Dampf. In diesem Fall zeigt ein Thermometer im Topf eine weit höhere Temperatur, als die dem Druck gesättigten Dampfes entsprechende. Im Deckel des Topfes sollte also immer ein Thermometer und ein Manometer angebracht sein. Ist der beobachtete Druck grösser als derjenige, welcher sich aus den Regnaultschen Untersuchungen für die betreffende Temperatur ergiebt, so ist kein reiner Wasserdampf im Innern, sondern Wasserdampf und Luft. Ist die Temperatur höher als die dem Druck entsprechende,

so ist der Dampf überhitzt und nur, **wenn das Manometer den der Temperatur entsprechenden Druck zeigt, ist der Wasserdampf rein und gesättigt.**

Da, wo weniger geübte Leute die Sterilisierung besorgen sollen, wendet man einfacher Dampfapparate ohne Spannung an, d. h. strömenden Dampf von 100° C. Schneller desinfizierend wirkt jedoch gesättigter Dampf höherer Temperatur und höherer Spannung, wobei aber eine sachverständige Kontrolle nötig ist.

Fraktionierte Sterilisation

Sollen stark eiweisshaltige Flüssigkeiten ohne Ausfällung des Albumins sterilisiert werden, dann darf man dieselben natürlich nicht über die Gerinnungstemperatur des Eiweisses erhitzen. Man wendet deshalb zur Sterilisierung solcher Nährsubstrate (z. B. des Blutserums) die Methode der diskontinuierlichen oder fraktionierten Sterilisation von Tyndall an.

Diese Methode beruht auf der Thatsache, dass die meisten in Entwickelung und Vermehrung begriffenen Bakterien durch einstündiges Erhitzen auf 60° C getödtet werden, während die Dauersporen dabei lebend bleiben, aber ebenfalls bei dieser Temperatur zu Grunde gehen, wenn sie auskeimen.

Man erhitzt daher die zu sterilisierenden Flüssigkeiten etc. eine Stunde auf 60° C. Dadurch werden die vegetativen Spaltpilzzellen getödtet. Nun lässt man 24 Stunden bei gewöhnlicher Temperatur stehen. In dieser Zeit keimen viele Dauersporen aus und dieselben werden, wenn man nun wieder 60° C eine Stunde lang einwirken lässt, getödtet.

Die Erfahrung zeigt, dass, wenn man die zu sterilisierenden Nährsubstrate 6—8 Tage hindurch täglich eine Stunde lang auf 60° C erhitzt und in der Zwischenzeit bei Zimmertemperatur stehen lässt, in dieser Frist, wenigstens in den meisten Fällen, alle Keime getödtet werden, weil es wenige Bakterien giebt, deren Dauerformen länger als acht Tage zum Auskeimen nötig haben.

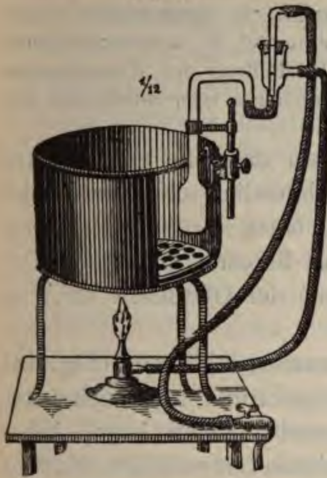
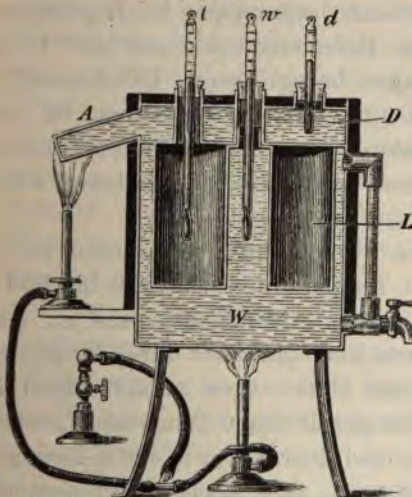


Fig 54.

Um die zu sterilisierenden Nährsubstrate (Blutserum etc.), welche in sterilisierten Reagensgläsern unter Watteverschluss sich befinden, täglich eine Stunde lang auf 60 0 C zu erhitzen, stellt man dieselben während dieser Zeit in ein Wasserbad (Fig. 54), dessen Temperatur mittelst Soxhlet-Regulator auf 60 0 C konstant erhalten wird, oder man benützt den von Koch angegebenen und von Fol verbesserten Apparat.*)

Der Koch sche Apparat, welcher sich durch Einfachheit und Handlichkeit auszeichnet, besteht aus einem Doppelcylinder von Kupferblech, der mit Wasser *W* gefüllt und durch einen Deckel gut verschlossen wird, der ebenfalls mit Wasser *D* zu füllen ist. Der Doppelcylinder wird von unten durch eine Glasflamme erwärmt, während der Deckel seitlich einen mit dem Wasserraum desselben kommunizierenden Ansatz *A* hat, welcher durch eine darunterstehende Flamme erhitzt wird Der Deckel besitzt drei Tuben, deren einer zum Füllen des Deckels und zur Aufnahme eines Thermometers *d* dient, welches die Wasserwärme im Deckel anzeigt; ein zweiter Tubus *l* nimmt

Fig. 55.


*) cf. Hüppe: Die Methoden der Bakterienforschung. 4. Aufl. 1889. S. 184.

das Thermometer auf, welches in den Luftraum *L* des Cylinders führt und der mittlere Tubus nimmt ein Thermometer *w* auf, welches in eine mit dem Wassermantel *W* kommunizierende, central angebrachte Röhre geht. Die Füllung des Wassermantels kann durch den mittleren Tubus geschehen oder durch eine seitlich angebrachte Röhre.

Damit man aber sicher ist, dass die Sterilisierung gelungen ist, bringt man schliesslich die betreffenden Nährsubstrate 1 — 2 Tage in einen Brütofen (Thermostaten) bei 36° C. Bleibt das Substrat ohne jede Veränderung (Trübung, Belag auf der Oberfläche etc.), so ist dasselbe keimfrei.

Soxhlets Thermoregulator

Die Soxhletschen Thermoregulatoren (Fig. 54), mittelst deren man auch die Temperatur von Brütschränken (Thermostaten) u. s. w. konstant erhalten kann, haben gegenüber den sonst gebräuchlichen Temperaturregulatoren grosse Vorzüge. Während nämlich alle Temperaturregulatoren, deren Wirkung auf der Ausdehnung von Dämpfen oder Luft beruht, in der Sicherheit ihrer Funktion durch Schwankungen im Barometerstand erheblich beeinflusst werden —, die Temperaturschwankungen bei Regulatoren, welche bei konstantem Barometerstande auf 0.1° C genau regulieren, betragen bei grösseren Differenzen im Barometerstande 1° C und darüber, — kommt bei den Soxhletschen Regulatoren der genannte Einfluss, welcher namentlich bei längeren Versuchsperioden störend wirkt, in Wegfall.

Diese Regulatoren werden für Temperaturen bis zu 32° C mit Äther, für Temperaturen von 32° bis 60° C mit ausgekochtem absolutem Alkohol bis nahe zu dem seitlich angeschmolzenen Rohr und zwar durch Eingiessen und passendes Hin- und Herbewegen gefüllt, dann in das Wasserbad von der gewünschten Temperatur gestellt und nach einiger Zeit soviel Quecksilber in den U-förmigen Teil des Rohres gegossen, dass nach entsprechendem Steigen des Regulators beide Schenkel des U-förmigen Rohres, wie in der Zeichnung ersichtlich, gefüllt sind.

Die durch Barometerschwankungen in ihrem Volumen unveränderliche Flüssigkeit bewirkt beim Steigen und Fallen der Temperatur Änderungen im Niveau der Quecksilbersäulen, welche zur automatischen Regulierung des Wärmezuflusses benutzt werden. Wenn das Wasserbad die gewünschte Temperatur, z. B. 36° C erreicht hat, dann drückt man das gaszuführende Rohr soweit hinab, dass dessen untere Öffnung gerade durch Quecksilber verschlossen ist. Alsdann wird die Heizflamme sehr klein, weil sie nur noch durch die geringe Menge Gas gespeist wird, welche durch eine in diesem Rohr befindliche feine Öffnung zum Brenner geht.

Sobald sich die Temperatur des Wasserbades um den Bruchteil eines Zehntelgrades abkühlt, sinkt das Quecksilber im äusseren Schenkel des U-Rohres, die untere Mündung des Gaszuflussrohres wird frei und lässt nun mehr Gas zum Brenner fliessen. Die Heizflamme wird wieder gross, bis die Temperatur des Wasserbades um ein Geringes erhöht und durch das Steigen des Quecksilbers die Mündung des gaszuführenden Rohres wieder verschlossen wird. Dieses Spiel wiederholt sich beständig und auf diese Weise bleibt die Temperatur im Wasserbad (oder im Brütschrank etc.) bis auf 0.05° C konstant.

Für Laboratorien ohne Gasleitung hat Soxhlet einen ebenso genau funktionierenden Temperaturregulator mittelst Elektromagnet hergestellt. Hiebei wird das Wasserbad oder der Brütschrank durch eine Spiritusflamme geheizt.*)

Für Brütschränke u. dgl., welche auf niedrigere Temperaturen als Zimmertemperatur eingestellt werden sollen, hat Soxhlet einen Regulator mit automatisch reguliertem Zulauf von kälterem Wasser in das Wasserbad hergestellt.

---

*) **Preis für** den Thermoregulator (Fig. 54) allein ℳ 2.50. **Für denselben** mit Wasserbad, Lampe, Halter, Schlauch (wie in Fig. 54) 18 ℳ. Regulator für Spiritus mit Elektromagnet, Wasserbad etc. komplett 60 ℳ bei Joh. Greiner, München.

Bereitung der Nährsubstrate.

Nährsubstrate

Durch die Einführung der festen zur Reinkultur etc. dienenden Nährsubstrate durch Robert Koch ist es gelungen, pathogene Bakterien mit Sicherheit und nach einfachen Methoden reinzuzüchten und ihre Biologie in- und ausserhalb des Organismus nach pathologischen und hygienischen Gesichtspunkten zu studieren.

Wenn man auch zur Reinzüchtung der Bakterien aus Bakteriengemischen fast ausschliesslich die festen Nährsubstrate verwendet, so muss man sich doch auch öfters der flüssigen Nährmedien bedienen, so z. B. wenn man gewisse reingezüchtete Bakterien, die auf festen Nährböden spärlich wachsen (Erysipelkokken etc.), zu Infektionsversuchen in grösserer Menge erhalten will.

Als Nährsubstrate für Bakterien benützt man seit langer Zeit Absude von pflanzlichen und tierischen Geweben.

Dieselben stellen deshalb sehr gute Nährsubstrate für Bakterien dar, weil sie ausser den für die Ernährung nötigen Mineralstoffen auch die notwendigen Stickstoff- und Kohlenstoffquellen in leicht assimilierbaren Verbindungen als Pepton und Glycose enthalten, in welche Verbindungen Eiweiss und Rohrzucker oder Milchzucker zunächst umgewandelt werden müssen, ehe sie von den Pilzzellen aufgenommen werden.

Nährbouillon

Von flüssigen Nährsubstraten wird am häufigsten die sog. Fleischwasser-Peptonlösung oder „Nährbouillon" verwendet.

Behufs Bereitung derselben werden 500 g frisches, mageres, mit der Scheere von Fett befreites und feingehacktes, oder durch eine Fleischschneidmaschine getriebenes Ochsenfleisch mit 1 Liter Wasser in einem weithalsigen reinen Gefäss gut gemischt und 24 Stunden in den Eisschrank gestellt. Alsdann wird die Mischung durch ein reines Tuch gepresst (mit der reinen Hand oder Fleischpresse), das ausgepresste Fleischwasser auf 1 Liter ergänzt und 10 g reines trockenes Pepton und 5 g Kochsalz zu-

gesetzt. Nachdem sich die letzteren nach kurzem Aufenthalt der Flüssigkeit im Dampfkochtopf gelöst haben, wird mit Natriumkarbonatlösung neutralisiert resp. so schwach alkalisch gemacht, dass ein Tropfen der Lösung auf gelbem Kurkumapapier gegenüber destilliertem Wasser gerade eine merkbare, sehr schwach bräunliche Färbung bewirkt.

Nachdem durch $^1/_2$ stündiges Kochen der Blutfarbstoff zerstört, die Flüssigkeit goldgelb geworden und die in der Hitze fällbaren Neutralisationsprodukte ausgefallen sind, wird filtriert und das Filtrat, falls eine Probe desselben beim Kochen im Reagensglas klar bleibt, in die samt Watteverschluss bei 160° C sterilisierten Reagensgläser oder dergl. übergefüllt.

Diese Proben werden schliesslich durch $^3/_4$ stündigen einmaligen Aufenthalt im strömenden Dampf (Dampfkochtopf) oder dadurch in letzterem sterilisiert, dass sie an drei aufeinander folgenden Tagen täglich 10 Minuten lang in denselben verbracht werden.

Nach Fol soll die Bouillon erst 1 Stunde bei 110° gekocht, dann filtriert und schliesslich 4 bis 6 Stunden im Papinschen Topf sterilisiert werden, weil durch die längere Einwirkung einer Temperatur von mehr als 100° C ein Teil des Eiweisses peptonisiert und dadurch leichter assimilierbar wird.

Milch als Nährlösung

Milch wird zu Indentifizierungszwecken etc. häufig als Nährlösung angewendet. Dieselbe wird am besten in sterilisierten Reagensgläsern durch 20 Minuten lange Einwirkung gespannten Dampfes von 120° C oder an drei Tagen je 20 Minuten im strömenden Dampf von 100° C sterilisiert. Für viele Zwecke, namentlich auch zur Indentifizierung der Typhusbacillen eignet sich nach Petruschky eine Molke, welche dadurch bereitet wird, dass man frische Milch etwas erwärmt mit stark verdünnter Salzsäure versetzt, das abgeschiedene Caseïn abfiltriert, das Filtrat genau neutralisiert und nach 1 bis 2 stündigem Kochen nochmals filtriert.

Feste Nährsubstrate

In ganz gleicher Weise werden die festen durchsichtigen Nährsubstrate: Fleischwasser-Peptongelatine und Nähr-Agar-Agar bereitet, indem man den in oben erwähnter Weise erhaltenen blutigen Fleischsaft behufs Zerstörung des Blutfarbstoffes $^1/_2$ Stunde kocht. Erst dann werden zu 1 Liter der erkalteten Bouillon 10 g Pepton, 5 g Kochsalz und 6—10 Prozent Gelatine (feinste Gelatine, sogenannte Goldmarke) zugesetzt. Nach $^1/_4$ stündigem Stehen kommt die Mischung circa 10 Minuten in den Dampfkochtopf, bis sich die Gelatine vollständig gelöst hat, dann wird mit Sodalösung, wie oben beschrieben, schwach alkalisch gemacht, worauf die Lösung behufs Abscheidung der in der Hitze fällbaren Neutralisationsprodukte $^1/_4$ Stunde in den strömenden Dampf kommt. Man filtriert dann durch ein Faltenfilter in einem erwärmten Emailleblech- oder Heisswassertrichter, und wenn eine gekochte Probe des Filtrats klar bleibt, wird, wie bei der Fleischwasser-Peptonlösung beschrieben, weiter verfahren.

Bleibt die „Nährgelatine" nach wiederholtem Filtrieren trüb, dann setzt man das Weisse eines Eies zu, schüttelt gut und erhitzt nochmals $^1/_4$ Stunde in strömendem Dampf. Das coagulierende Eiweiss reisst die trübenden Substanzen mit nieder und das Filtrat wird nunmehr klar.

Einige pathogene und namentlich anaërobe Bakterienarten z. B. die Tetanusbacillen wachsen nur dann gut in der Nährgelatine, wenn man derselben noch 2 % Traubenzucker zusetzt.

Zur Kultur von Hefen- und Schimmelpilzen, welche sauer reagierende Nährmedien erfordern, wird allgemein Würzegelatine verwendet. Gehopfte Bierwürze (aus der Brauerei bezogen) wird mit 8—10 % Gelatine versetzt, $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde gekocht und ohne zu neutralisieren filtriert und wie die Fleischwasserpeptongelatine sterilisiert.

Agar-Agar wird genau ebenso bereitet wie Nährgelatine, nur setzt man statt Gelatine 1—$1^1/_2$ Prozent präparierten

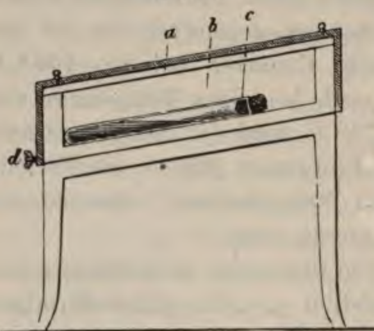
Agar-Agar zur Bouillon. Zur Lösung des letzteren in der Hitze ist etwas mehr Zeit notwendig, als bei Gelatine. Man erhitzt Fleischsaft, Pepton, Kochsalz und Agar zusammen eine Stunde bei 120° C im Papin'schen Topf oder 2 Stunden im strömenden Dampf, neutralisiert die heisse Lösung mit Sodalösung, erhitzt nochmals 1/2 Stunde bei 100 oder besser bei 120° C und lässt nun die Agarlösung behufs Klärung durch Sedimentierung längere Zeit bei 43° C im Dampfkochtopf stehen, um schliesslich die geklärte Lösung vermittelst Heber oder Pipette abzuheben. Auf diese Weise wird das oft lange dauernde Filtrieren umgangen. Setzt man dem Fleischsaft-Agar-Agar ausser 1 Prozent Pepton und 0,5 Prozent Kochsalz noch 6 Prozent Glycerin zu, dann ist derselbe für die Kultur aller bis jetzt bekannten pathogenen Bakterien (auch der Tuberkelbacillen) geeignet.

Der Glycerin-Agar bietet einen vollständigen Ersatz für Blutserum. Dem letzteren gegenüber hat er den Vorteil, dass er nach dem Erstarren bei 80—100° C wieder gelöst wird und noch bei einer Temperatur von 40° C flüssig ist. Bei 39° C wird der Nähr-Agar fest. Er behält daher auch bei Blutwärme (36° C) die Vorteile der festen durchsichtigen Nährsubstrate, während die Nährgelatine bei 27° C flüssig wird.

Behufs Herstellung von Blutserum zu Kulturzwecken wird Kalbs-, Rind-, Schaf-Blut o. a. in cylinderförmigen etwa 20 cm hohen und circa 10 cm weiten, bei 160° C sterilisierten Glasgefässen aufgefangen und diese mit sterilisiertem Wattestöpsel verschlossen. Nachdem das Fell am Halse durch einen langen Schnitt durchtrennt ist, muss dasselbe beiderseits etwas zurückpräpariert werden, worauf das Tier gestochen wird. Man lässt den ersten Blutstrahl weglaufen, damit derselbe Schmutzteile und Haare mit fortspült und das an den Wundrändern koagulierende Blut solche einhüllt. Während der Metzger das Fell auseinanderhält, führt man die Mündung des Glasgefässes nahe an die Stichöffnung, bis dasselbe nahezu

gefüllt ist. Das Blut bleibt an Ort und Stelle mindestens $1/2$ Stunde bis zur Bildung des Blutkuchens stehen und wird dann in einen nahegelegenen Eisraum des Schlachthauses transportiert. Nach 36—48 Stunden verteilt man alsdann vermittelst sterilisierter Pipette das klare bernsteingelbe Serum in sterilisierte, mit Watte verschlossene Reagensgläser, wobei aber jede Berührung oder Erschütterung des Blutkuchens zu vermeiden ist, weil sonst das Serum durch beigemengte Blutkörperchen getrübt wird. Dieses steril gewonnene oder nach Seite 168 discontinuierlich sterilisierte Blutserum wird in einem von Koch angegebenen Apparat zum Erstarren gebracht, nachdem man die Reagiergläser in stark geneigter Lage (behufs Erzielung einer grossen Oberfläche) in denselben verbracht hat. Der Apparat besteht aus einem viereckigen, doppelwandigen Blechkasten, welcher durch einen Glasdeckel *a* geschlossen wird. Der Raum zwischen den doppelten Wandungen wird mit Wasser gefüllt, welches so stark erhitzt wird, dass ein zwischen den Reagiergläsern auf dem Boden des Innenraumes liegendes Thermometer 65 ° C zeigt.

Fig. 56.



Diese Temperatur kann mit Hülfe eines Thermoregulators (Seite 170) konstant erhalten werden. Die vordere Seite des Apparates wird durch Stellschraube *d* (Fig. 56) um so viel tiefer als die Rückseite gestellt, dass das Blutserum bis nahe an den Wattepfropf *c* der Reagiergläser reicht, ohne jedoch den letzteren zu berühren. Die Seitenwände des Apparates und der Deckel *a* sind durch Filzplatten gegen Abkühlung geschützt. Wenn die Temperatur des Innenraumes konstant auf 65 ° C erhalten

wird, dann ist das Serum in 1—2 Stunden erstarrt, ohne an Durchsichtigkeit verloren zu haben. Je mehr sich aber die Temperatur der Gerinnungstemperatur (75° C) nähert, um so undurchsichtiger wird das Blutserum. Das am Boden der Reagiergläser sich sammelnde Kondensationswasser stellt eine Nährlösung dar, so dass man zugleich die Wachstumseigentümlichkeiten der eingeimpften Bakterien im flüssigen Nährboden beobachten kann. Auch schützt dasselbe das Serum gegen Austrocknung, besonders wenn die Reagiergläser mit in Sublimatlösung desinfizierten Gummikappen geschlossen werden. Das erstarrte Serum hat die Konsistenz des gekochten Hühnereiweisses, ist bernsteingelb, durchsichtig oder höchstens schwach milchig getrübt.

Methode der Reinkultur von Bakterien aus Bakteriengemischen.

Der grosse Wert der beschriebenen, von Koch eingeführten, festen, durchsichtigen Nährsubstrate besteht u. A. darin, dass man dieselben bei einer für die Bakterien unschädlichen Temperatur verflüssigen (resp. flüssig erhalten) und in dieser Flüssigkeit die reinzuzüchtenden Bakterien durch Mischen (Schütteln) gleichmässig verteilen kann, so dass, falls nicht eine zu grosse Zahl von Bakterien ausgesäet wurde, jeder Keim an einer anderen Stelle der gleichmässig gemischten Flüssigkeit sich befindet und an der letzteren fixiert wird, wenn die Flüssigkeit durch rasche Abkühlung erstarrt, d. h. in feste Form übergeht.

Die an verschiedenen Stellen des erstarrten Nährsubstrates fixierten Keime werden um so weiter von einander entfernt sein, je geringer ihre Zahl ist, und jeder Keim bildet in diesem Falle durch allmähliche Vermehrung eine isolierte Kolonie, die eben deshalb, weil sie aus

einem Keim hervorgegangen ist, eine Reinkultur darstellt, und die, weil sie in weitem Umkreis nur von sterilisiertem Nährmedium umgeben ist, durch Berühren mit einem ausgeglühten Platindraht leicht abgeimpft, sowie auf andere sterilisierte Nährsubstrate (behufs Vermehrung der Reinkultur etc.) übertragen werden kann.

Will man aus einem Bakteriengemisch (Blut, Speichel, Fäces, Wasser, Boden etc.) einzelne Arten z. B. mittelst Nährgelatine reinzüchten, so bringt man eine kleine Quantität desselben in sterilisiertes Wasser, mischt gleichmässig und taucht nun in diese Bakteriensuspension einen geglühten Platindraht, z. B. 6 cm tief ein. Alsdann spült man denselben in einer im Reagensglas befindlichen Probe sterilisierter, verflüssigter Nährgelatine gut ab. Wenn zu derartigen Zwecken der Wattepfropf vom Reagensglas abgenommen werden soll, muss dasselbe, um das Hineinfallen von Keimen aus der Luft etc. zu verhüten, möglichst horizontal gehalten werden, und der herabgenommene Wattepfropf ist so zwischen den Fingern der linken Hand zu halten, dass der Teil desselben, welcher später wieder in die Mündung des Reagensglases eingeführt wird, mit nichts in Berührung kommt.

Nachdem der Draht wieder geglüht wurde, taucht man ihn nun etwa 3 cm tief in die wässerige Bakteriensuspension und spült ihn in einer anderen Probe verflüssigter Nährgelatine ab. In einer dritten und vierten Probe spült man den Draht ab, nachdem er 1 resp. $^1/_4$ cm tief in das mit Wasser verdünnte Bakteriengemisch eingetaucht wurde.

An dem 6 cm tief in die Bakterienmischung getauchten Draht wird die doppelte Anzahl von Bakterien haften und in die betreffende Gelatineprobe übertragen werden, als an dem halb so tief, d. h. 3 cm weit eingetauchten, während durch den 1 cm resp. $^1/_4$ cm tief eingeführten Draht nur der 6. resp. 24. Teil der im ersten Falle über-

tragenen Keimzahl in die betreffenden Gelatineproben gebracht wird.

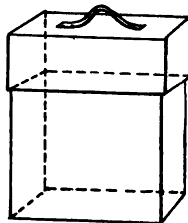
Nachdem man auf diese Weise verschiedene Verdünnungen des Bakteriengemisches hergestellt hat, nimmt man, indem man das Reagensglas möglichst horizontal hält, den Wattepfropf ab und erhitzt die Mündung desselben in der Gasflamme. Das Gleiche geschieht mit den anderen Proben. Nachdem der erhitzte Rand der Reagensgläser bei nahezu horizontaler Lage derselben wieder erkaltet ist, giesst man die Gelatineproben auf sterilisierte Glasplatten aus.

Anfertigung der Platten

Diese Glasplatten sollen etwa 2 mm dick, 15 cm lang und 9 cm breit sein.

Dieselben werden in einer Eisenblechtasche (Fig. 57) bei 160° C sterilisiert, nach dem Erkalten auf eine mittelst Libelle horizontal gestellte, mit 1 pro mille Sublimatlösung gewaschene Unterlage gebracht und mit einer Glasglocke bedeckt.

Fig. 57.



Wenn man die Tasche mit den Glasplatten eine Zeit lang im Eisschrank stehen lässt, dann ist eine horizontale Unterlage entbehrlich, da die Gelatine auf der kalten Platte alsbald erstarrt und nicht über den Rand der Platte herabfliesst.

Beim Ausgiessen der Gelatine hält man die Mündung des Reagensglases ganz nahe an die Glasplatte und verteilt schliesslich mit Hilfe derselben die Gelatine gleichmässig auf der Platte, so dass sie eine einige Millimeter dicke Schichte bildet, die 1/2 cm vom Rande der Glasplatte entfernt bleiben soll, damit die Gelatine beim Anfassen der Platte nicht mit der Hand berührt wird.

Die Gelatineplatte wird nun mit einer reinen Glasglocke bedeckt, bis nach einigen Minuten die Gelatine erstarrt ist, worauf man die Platten, um das Vertrocknen

und eine Verunreinigung mit Luftkeimen zu verhüten, in eine feuchte Kammer (Fig. 58) bringt, die aus zwei übereinander passenden Glasglocken besteht.

Feuchte Kammer

Fig. 58.



Diese Glocken werden vorher gereinigt und mit 1 pro mille Sublimatlösung ausgespült. Dann bringt man auf den Boden einer jeden eine Lage Filtrierpapier, welches mit Sublimatlösung durchfeuchtet wird.

Die Gelatine- oder Agar-Agar-Platten werden auf Glasbänkchen (Fig. 58) übereinander geschichtet. Die letzteren müssen ebenfalls mit Sublimatlösung gewaschen und mit sterilisiertem Filtrierpapier getrocknet werden. Lässt man die Platten bei Zimmertemperatur stehen, so wird sich im Verlauf einiger Tage aus jedem der zahlreichen, in der Gelatine gleichmässig verteilten Bakterienkeime eine Kolonie entwickeln.

Auf der Platte, auf welche die erste Gelatineprobe (cf. S. 178) ausgegossen wurde, werden sich beispielsweise 9000 Kolonien, auf der mit der zweiten Probe begossenen Platte die Hälfte, d. i. 4500 Kolonien, auf der dritten Platte 6 mal weniger als auf der ersten, also 1500, und auf der vierten Platte 24 mal weniger, also 375 Kolonien entwickeln.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass jede dieser Kolonien eine Reinkultur darstellt, weil eine jede aus einem Keim resp. aus einer Spaltpilzzelle entstanden ist. (Nur in dem sehr seltenen Falle, wenn zufällig zwei verschiedenartige Keime an dieselbe Stelle der Gelatine zu liegen kommen, werden Mischkolonien entstehen, die sich aber bei 100 facher Vergrösserung leicht als solche erkennen lassen.)

Bei einer Anzahl von Kolonien, wie sie die beiden

letzten Platten aufweisen (1500 resp. 375), sind die Kolonien auf der Gelatineplatte genügend weit von einander gelagert, infolgedessen sie sich durch ihre Stoffwechselprodukte nicht beeinflussen und zu genügender Grösse und charakteristischer Form heranwachsen, so dass man eine jede beliebige, durch Berührung mit einem geglühten und wieder erkalteten Platindraht isoliert abimpfen und auf ein neues sterilisiertes Nährsubstrat übertragen, d. h. in Reinkultur gewinnen kann.

Abimpfen der Kolonien

Das Abimpfen, „Fischen" isolierter Plattenkolonien, deren Reinkultur beabsichtigt ist, muss stets unter Kontrolle des Mikroskopes vorgenommen werden. Man sucht bei etwa 80—100facher Vergrösserung, d. h. mit schwachem Objektiv (z. B. Zeiss AA) und starkem Okular (Zeiss 3) unter Benützung der engsten Blende am besten eine auf der Oberfläche der Gelatine wachsende, isolierte, möglichst gut ausgebildete Kolonie auf und überzeugt sich, dass keine fremde Kolonie in der nächsten Nähe oder gar in oder unter der ersteren liegt. Alsdann bringt man einen, im stumpfen Winkel häkchenförmig abgebogenen, geglühten Platindraht dicht unter das Objektiv und sucht das mit der Spitze nach unten gerichtete Häkchen über dem Centrum der Kolonie einzustellen. Dabei verfährt man am besten so, dass man den rechten Vorderarm auf den Tisch, den Ringfinger der rechten Hand auf den Mikroskoptisch auflegt und den kleinen Finger gegen den Rand des Mikroskoptisches drückt. Sobald man den unter das Objektiv geführten Draht gut sieht und die Spitze des Häkchens über der Mitte der Kolonie steht, führt man dieselbe nach unten und berührt damit die letztere, so dass ein Teil derselben am Drahte haften bleibt.

Alsdann zieht man den Draht vorsichtig, d. h. ohne irgend etwas damit zu berühren, unter dem Objektiv hervor, ergreift mit der linken Hand ein Gelatineröhrchen, entfernt, indem man die Mündung nach unten hält, den Wattepfropf und ritzt mit der Spitze des Häkchens die

Oberfläche der im Röhrchen befindlichen Gelatine (oder Agar-Agar), indem man das Häkchen nur etwa 1 mm tief in das Nährsubstrat einsticht, den Draht wieder herauszieht und den Pfropfen aufsetzt. Es kommt nämlich leicht vor, dass der nicht abgebogene Teil des Drahtes mit dem Objektiv in Berührung kommt. Würde man daher den ganzen Draht einstechen, so könnten damit fremde Bakterien in das Nährsubstrat eingeführt werden.

Nachdem sich die Kultur von den Impfstrichen aus entwickelt hat, kann man dieselbe auf andere Nährsubstrate übertragen und die nun in grösserer Menge zur Verfügung stehenden Reinkulturen zu weiteren Untersuchungen behufs Identifizierung der betr. Bakterienart verwenden.

Einzelne wenige Bakterienarten lassen sich sehr leicht identifizieren, so z. B. die Tuberkelbacillen durch die Widerstandsfähigkeit der mit Anilinfarben gefärbten Präparate gegenüber der entfärbenden Wirkung starker Säuren. Wie jedoch zur Sicherstellung der Diagnose von Krankheiten selten ein einziges Symptom ausreichend ist, so sind auch zur Indentifizierung der meisten Bakterienarten ausgedehntere Untersuchungen notwendig.

Bei der Identifizierung von Bakterien kommt namentlich in Betracht:

1. Die mikroskopische Wuchsform und das Verhalten der Bakterien zu Anilinfarbstoffen etc. (namentlich die Gramsche Färbungsmethode).

2. Eigenbewegung oder Unbeweglichkeit.

3. Das makroskopische Aussehen der Gelatineplatten-Kolonien, namentlich aber das Aussehen derselben bei 80- bis 100facher Vergrösserung.

4. Die Wachstumseigentümlichkeit auf verschiedenen Nährsubstraten (Gelatine, Kartoffel etc.).

5. Etwaige infektiöse Wirkungen (Resultate der Infektionsversuche an Tieren).

1. Die mikroskopische Wuchsform.

Anfertigung von Deckglaspräparaten

Will man sich von der Wuchsform einer Bakterienart überzeugen, dann fertigt man ein sogen. Deckglaspräparat an. Von der bakterienhaltigen Flüssigkeit wird mittelst einer geglühten Platinöse ein Tropfen auf ein gut gereinigtes Deckglas in möglichst dünner Schicht aufgestrichen; oder wenn man einen festen Bakterienbelag, der z. B. auf Gelatine gewachsen ist, untersuchen will, so berührt man denselben mit der Spitze eines geglühten Platindrahtes und verteilt die daran hängen gebliebene, kaum sichtbare Quantität in einem Tropfen sterilisierten Wassers auf dem Deckglas. Nachdem die Schichte bei gelinder Wärme angetrocknet ist, zieht man das Deckglas, die angetrocknete Schicht nach oben gerichtet, um die letztere durch Erhitzen sicher zu fixieren, dreimal mässig schnell durch eine Gas- oder Spiritusflamme und färbt dann mit einer der, wie folgt, zu bereitenden Farblösungen. Das Präparat bleibt 1—2 Minuten in der Farbstofflösung, welche man bis zur Bildung von Wasserdämpfen erwärmen kann; dann spült man dasselbe mit Wasser ab und untersucht in Wasser oder man lässt das Präparat bei gelinder Wärme lufttrocken werden, gibt einen Tropfen Cedernöl, oder wenn man dasselbe konservieren will, Canadabalsam auf den Objektträger und legt das Deckglas mit der gefärbten Seite darauf. Die Oberfläche des Deckglases muss ganz trocken sein, bevor man mit Oelimmersion untersucht.

Färbung der Deckglaspräparate

1. Anilinwasser-Gentianaviolett-Lösung oder Anilinwasser-Fuchsinlösung:

Anilinölwasser (100 ccm aq. dest. und 5 ccm Anilinöl gut geschüttelt und nach 5 Minuten langem Stehen filtriert) . . . . . . 100 ccm.

Konzentrierte alkoholische Gentianaviolett- oder Fuchsinlösung (bereitet durch Auflösen von 20 g Gentianaviolett oder Fuchsin in 100 ccm absol. Alkohol) 11 ccm.

Alkohol absolut. . . . . 10 ccm.

2. Ziehlsche Carbol-Fuchsinlösung:

Aq. destill.	100
Acid. carbol. crist. . .	5
Alkohol	10
Fuchsin	1.

Die gleiche Lösung erhält man durch Mischung von 100 ccm einer 5 prozentigen Carbolsäurelösung mit 5 ccm konzentrierter alkoholischer Fuchsinlösung und 10 ccm absolutem Alkohol.

3. Löfflers alkalische Methylenblau-Lösung:

30 ccm konzentrierte alkoholische Lösung von Methylenblau,

100 ccm Kalilauge 1 : 10000.

Man hält sich eine 1 prozentige Kalilösung vorrätig und verdünnt behufs Bereitung der Löfflerschen Lösung 1 ccm der ersteren mit destilliertem Wasser auf 100 ccm.

Um eine isolierte Färbung der Bakterien und eine Entfärbung der Kerne, Zellen etc. oder zugleich auch eine isolierte Kernfärbung bei Deckglaspräparaten oder Schnitten zu erzielen, wendet man u. A. die Gram'sche Methode an. Die Deckglaspräparate werden zunächst in der Anilinwasser-Gentianaviolett-Lösung (Lösung 1 p. 184) 1 Minute (Schnitte $^1/_2$ bis 24 Stunden) gefärbt, dann einige Minuten in einer Lösung von Jod. pur. 1, Kali jodat. 2,0, Aq.

dest. 300 hin und her bewegt und hierauf in absoluten Alkohol gebracht, bis das Präparat entfärbt erscheint. (Jod-Jodkali-Lösung und Alkohol sind öfters zu wechseln.) Der Alkohol wird mit Wasser abgewaschen und das Deckglaspräparat in Wasser oder nachdem es lufttrocken geworden in Cedernöl oder Canadabalsam untersucht. Die Bakterien erscheinen tief dunkelblau gefärbt, während die Grundsubstanz entfärbt ist. Soll letztere durch eine Gegenfarbe gefärbt werden, dann bringt man die Deckglaspräparate oder Schnitte nach dem Abspülen mit Alkohol noch kurze Zeit in eine verdünnte Bismarckbraun-, Safranin-, Carmin- oder Picrocarminlösung.

Die Gramsche Methode kann auch zur Differentialdiagnose verwertet werden, da gewisse Bakterienarten durch dieselbe entfärbt werden, während andere nicht nur die Farbe behalten, sondern tief dunkelblau werden.

Bei Anwendung der Gramschen Methode bleiben gefärbt: Micrococcus tetragenus, die Eiter erregenden Coccen (Staphylococcus pyogenes, aureus, Streptococcus pyogenes), Streptococcus Erysipelatis, Diplococcus lanceolatus pneumoniae (Fränkel), Tuberkel- und Leprabacillen, die Bacillen des Schweinerotlaufs und der Mäusesepticämie, die Milzbrandbacillen, Tetanusbacillen, Actinomycesparasiten etc.

Nach Gram entfärben sich: die meisten nicht peptonisirenden Bacillen, wie der Bacillus pneumoniae (Friedländer), Bacterium coli commune, Bacillus neapolitanus, Typhusbacillen, ferner Diphtheriebacillen, Rotzbacillen, Bacillus des malignen Ödems und Rauschbrandes, Hühnercholera-, Schweineseuche- und Kaninchensepticämie - Bacterien, Choleravibrionen, Recurrens-Spirochaeten etc.

Die Tuberkelbacillen lassen sich sehr leicht dadurch indentifizieren, dass sie nach dem Färben in Anilinwasser-, Fuchsin- oder Ziehlscher Carbolfuchsin- **Färbung der Tuberkel-, bacillen**

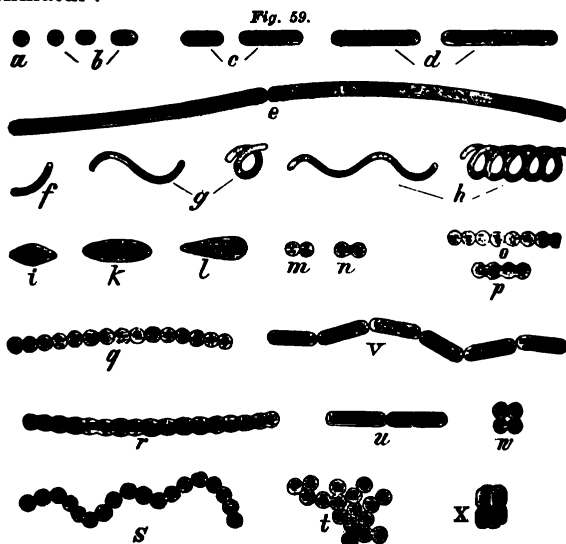
lösung dem Entfärben mit Salpetersäure widerstehen, während alle anderen Bakterien durch diese Säure entfärbt werden.

Behufs Nachweis der Tuberkelbacillen im Sputum nimmt man aus demselben vermittelst ausgeglühter Pincette nicht die wasserklaren, sondern die zähen gelblichen Klümpchen heraus, streicht sie auf das Deckglas, legt ein zweites Deckglas darauf und zieht nach dem Zerdrücken der dazwischen liegenden Klümpchen beide auseinander. Man erhält so zwei Präparate, welche, nachdem sie lufttrocken geworden sind, dreimal durch die Flamme gezogen und mit der bestrichenen Seite auf die oben erwähnte Carbol-Fuchsinlösung (2.), die sich in einem Porzellanschälchen befindet, gelegt werden. Man erhitzt die Farbstofflösung 5 Minuten bis nahe zum Kochen und spült dann die Präparate in folgender Lösung so lange ab, dass nur noch die dickeren Schichten des Präparates schwach rötlichgelb erscheinen: 70 %iger Alkohol 100 ccm. konz. Salpetersäure 2 g. Alsdann legt man das Präparat 1 bis 2 Minuten in kalte Löfflersche Methylenblaulösung (3 Seite 184), spült mit Wasser ab und untersucht in Wasser, Cedernöl oder Kanadabalsam.

Sehr rasch lässt sich die Färbung nach der Gabbettschen Methode ausführen, bei welcher die Entfärbung durch Säure und die Nachfärbung in einer säurehaltigen Methylenblaulösung zugleich geschieht. Man erwärmt das Präparat während zwei Minuten in Ziehlscher Carbolfuchsinlösung bis zum Aufsteigen von Wasserdämpfen und bringt es dann 1 Minute lang in eine kalte Lösung von 100 g 25 %iger Schwefelsäure, in welcher 2 g Methylenblau gelöst wurden (filtrieren). Darauf wird in absolutem Alkohol abgespült und nach dem Trocknen in Kanadabalsam untersucht. Die Tuberkelbacillen sind rot, andere Bakterien und die Grundsubstanz blau.

Zur Bezeichnung der Bakterien-Wuchsformen benützt man die folgende von H. Buchner vorgeschlagene Nomenklatur: **Bezeichnung der Wuchsformen**

Fig. 59.



Wuchsformen:

Kugelform (*a*) — (nicht Coccus), Längsdurchmesser gleich oder nahezu gleich dem Querdurchmesser,

Ovalform (*b*), Längsdurchmesser höchstens das Zweifache des Querdurchmessers.

Kurzstäbchen (*c*), Längsdurchmesser = 2 bis 4 × Querdurchmesser.

Langstäbchen (*d*), Längsdurchmesser = 4 bis 8 × Querdurchmesser.

Fadenform (*e*).

Halbschraube = Komma (*f*), ein sehr kurzer Schraubenabschnitt bis höchstens zu einem halben Schraubenumgang.

Schraube (*g*), ein voller Schraubenumgang.

Langschraube = Spiralform (*h*). Alle Schraubenformen können entweder mit steilen oder mit flachen Schraubengängen auftreten.

Spindelform (*i*).
Ovalstäbchen (*k*), unterscheidet sich von der Spindelform durch geringere Verjüngung der Enden, von der Ovalform durch die grössere Länge = 2 bis 4 × Querdurchmesser.
Keulenform (*l*), nur ein Ende zugespitzt.

Wuchsverbände:

Doppelkugel (*m*), bei blos angedeuteter Trennung: Semmelform (= Biscuitform) (*n*).
Kugelreihe (*o*) bis zu 8 Kugeln; bei blos angedeuteter Trennung: Torulaform (*p*).
Kugelfaden (*q*) oder, wenn gekrümmt: Rosenkranzform (*s*); bei blos angedeuteter Trennung: toruloser Faden (*r*).
Traubenform (*t*).
Doppelstäbchen (*u*).
Gliederfaden (*v*).
Tetradenform (*w*).
Würfelform (*x*).

Für die Bezeichnung der Wuchsform gebraucht man also vorwiegend deutsche Nomenklatur, während die Bakterienart durch lateinische Namen (Micrococcus, Bacterium, Bacillus, Vibrio etc.) bezeichnet wird.

Die Arten der Spaltpilze sind konstant, d. h. eine Umwandlung der einen Art in eine andere findet, soweit bis jetzt die Erfahrung reicht, nicht statt. Die Wuchsformen der Bakterien dagegen sind variabel, d. h. ein und dieselbe Spaltpilzart kann in verschiedenen Wuchsformen auftreten und für eine Spaltpilzart ist nur die Gesamtheit ihrer Wuchsformen charakteristisch.

Die Typhusbacillen z. B. sind eine in Ovalformen, in Kurz- und Langstäbchen und Fadenformen auftretende Spaltpilzart, der Kochsche Cholera-Vibrio ist ein Spaltpilz, welcher Kommas, Kurzschrauben und Spiralformen bildet. Gewisse Mikrokokkenarten dagegen, z. B. Streptococcus erysipelat. bildet als Wuchsform nur Kugeln und in Wuchsverbänden: Kugelreihen, Kugelfäden und Rosenkranzform.

2. Das makroskopische und mikroskopische Aussehen der Spaltpilzkolonien auf Gelatineplatten.

Unterschied zwischen oberflächlichen und tiefliegenden Kolonien.

Für die verschiedenen Spaltpilzarten ist das makroskopische und mikroskopische Aussehen der Kolonien auf Nährgelatineplatten mehr oder weniger charakteristisch. Durch die Wachstumsart in Nährgelatine gelangt eine Summe nicht nur von morphologischen, sondern auch von chemisch-physiologischen Eigenschaften eines Spaltpilzes in kompendiöser Weise zum Ausdruck. Es bietet sich ein Bild dar von dem biologischen Gesamtcharakter der betreffenden Bakterienart, welches die Identifizierung derselben sehr erleichtert.

Man muss zunächst zwischen oberflächlichen Kolonien, d. h. solchen, welche sich auf der Oberfläche der Gelatine entwickelt haben, und zwischen tiefliegenden, d. h. solchen, welche in der Tiefe der Gelatine wachsen, unterscheiden.

Die oberflächlichen Kolonien sind fast immer grösser als die tiefliegenden. Infolgedessen glauben oft Anfänger es mit Kolonien verschiedener Bakterienarten auf der Platte zu thun zu haben, wenn auch thatsächlich nur eine Art, aber in oberflächlichen und tiefliegenden Kolonien vertreten ist. In diesem Fall belehrt meist schon die mikroskopische Wuchsform, d. h. die Anfertigung von Deckglaspräparaten aus abgeimpften Kolonien.

Man kann die Bakterien hinsichtlich ihres Wachstums auf Gelatine in zwei grosse Gruppen einteilen:

1. in Bakterien, welche die Gelatine verflüssigen oder, da es sich hiebei um Überführung in Leimpeptone handelt, in „peptonisierende Spaltpilze", und
2. in Bakterien, welche die Gelatine nicht verflüssigen, „festwachsende" oder „nicht" peptonisierende Spaltpilze".

Einteilung der Kolonieformen

Diese beiden grossen Gruppen kann man nach Buchner*) auf Grund des makroskopischen und mikroskopischen Aussehens der Gelatineplatten-Kolonien wieder in Unterabteilungen einteilen, und zwar:

I. Hauptgruppe: Die verflüssigenden oder peptonisierenden Bakterien mit den Abteilungen:

1. peptonisierende Mikrokokken (Fig. 60),
2. Milzbrandbacillen, Heubacillen, mit einer grossen Anzahl ähnlich wachsender Bacillen (Fig. 61*a* tiefliegende, *b* oberflächliche Milzbrandbacillenkolonie), sowie die Proteusarten etc.,
3. andere Bacillen, namentlich im Wasser und in faulenden Substraten vorkommend (Fig. 62),
4. einige Vibro-Arten (Kochs Cholera-Vibrio, Deneckes Vibrio, der von Finkler und Prior gefundene etc.) (Fig. 63).

Die Kolonieformen der peptonisierenden Bakterien.

Fig. 60.



Fig. 61.





Fig. 62.



Fig. 63.



*) Archiv für Hygiene. Bd. III. Seite 365 u. f.

Die Form der peptonisierenden Kolonie (bei 80- bis 100facher Vergrösserung) giebt nun sofort einen Anhaltspunkt dafür, unter welche dieser Kategorien man einzureihen habe.

Untergruppe 1 bildet meist kugelige, anfangs scharf begrenzte Kolonien, von einem kreisrunden Hof verflüssigter Gelatine konzentrisch umgeben. Als Beispiel zeigt die Figur 60 die Kolonie des Staphylococcus pyogenes aureus.

Untergruppe 2 zeigt ganz eigenartig geformte Kolonien (bandschleifenartige Ausbreitungen an der Oberfläche der Gelatine, Haarbüschelformen etc.), z. B. Milzbrandbacillenkolonie (Fig. 61).

Auch die verflüssigenden Proteusarten (Proteus vulgaris, mirabilis etc.), welche weitausgedehnte Ranken- und arabeskenartige Figuren bilden und sich meist durch umfangreiche Verflüssigung der Gelatine auszeichnen, gehören hierher.

Abteilung 3 ist charakterisiert durch kreisrunde Kolonien, die jedoch nicht mit scharf linearem Rand, sondern mit einem sehr regelmässigen Saum radiär gestellter Fäserchen und Härchen an ihrer Peripherie umgeben sind. Wasserbakterien (Fig. 62).

Die Kolonien der Unterabteilung 4 sind denen der 3. Untergruppe meist sehr ähnlich. Nur tritt der erwähnte Härchenkranz an der Peripherie erst spät auf und die Härchen oder Fäserchen sind noch feiner als bei Abteilung 3. Man kann jedoch durch mikroskopische Untersuchung eines gefärbten Präparates (Wuchsform) sofort entscheiden, mit welchen Kategorien, 3 oder 4, man zu thun hat. Fig. 63 zeigt die Kolonie des Kochschen Cholera-Vibrio.

Die Kolonieformen der nichtpeptonisierenden Bakterien.

Fig. 64



a

Fig. 64



b

Fig. 66.

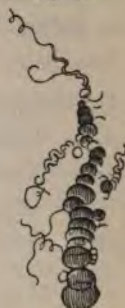


Fig. 65.



a

Fig. 65.



b

II. Hauptgruppe: Die nichtpeptonisierenden, die Gelatine nichtverflüssigenden Spaltpilzkolonien kann man einteilen in die Abteilungen:

1. nichtpeptonisierende (festwachsende) Mikrokokken (Fig. 64 *a* tiefliegende, *b* oberflächliche Kolonie),
2. nichtpeptonisierende Bacillen (Fig. 65 *a* tiefliegende, *b* oberflächliche Kolonie),

3. nichtpeptonisierende Proteusarten (Fig. 66),
4. festwachsende Vibrionen (z. B. Vibrio saprophiles α, β und γ).

Abteilung 1, die nichtpeptonisierenden Mikrokokken, bilden in der Tiefe der Nährgelatine regelmässig kugelige (im Mikroskop gesehen kreisrunde), „isodiametrische" Kolonien von verschiedener Färbung, die im Innern entweder gar keine Zeichnung, oder nur gleichförmige Granulierung, dagegen keine Strich- und Liniensysteme, keine Furchung oder dergl. darbieten, was auf ungleichmässige Entwicklung hinweisen würde. Die an der Oberfläche der Gelatine gelagerten Kolonien gelangen in Form von flachen oder steileren Kuppen mit kreisrunder Basis zur Ausbildung; im übrigen, hinsichtlich Färbung und Zeichnung im Innern, stimmen dieselben mit den tiefliegenden Kolonien überein, abgesehen davon, dass sich die Färbung und Granulierung meist nur auf das Centrum beschränkt, während der Rand der Kolonie in der Regel ungefärbt erscheint. Charakteristisch ist dass die Kolonien der nichtpeptonisierenden Mikrokokken bei gleicher Anzahl auf der Platte stets wesentlich kleiner sind, als die der nichtpeptonisierenden Bacillen. Als Typus dieser 1. Abteilung gilt Fig. 64, Kolonien des Streptococcus erysipelat. (*a* tiefliegende, *b* oberflächliche Kolonien).

Abteilung 2, die nichtpeptonisierenden Bacillen, bilden im Innern der Nährgelatine zwar vielfach noch kugelige, im allgemeinen aber zu ungleichmässiger, „anisodiametrischer" (ellipsoidischer etc.) Entwicklung tendierende Kolonien von verschiedener (gelber, brauner, grüner etc.) Färbung. Die Zeichnung im Innern ist entweder eine einfache Granulierung oder ein System von Strichelchen und Linien (oft konzentrische Ringe). Besonders charakteristisch aber sind hier die an der Oberfläche der Nährgelatine zur Entwicklung gelangenden Kolonien, welche sich in Form flacher Kuppen oder

von kleinen Schleimtröpfchen oder von Schüppchen mit knorpeligem Aussehen auf derselben ausbreiten und bei auffallendem Licht oft perlmutterartigen Glanz zeigen. Die Peripherie dieser Kolonien kann zwar, namentlich in jüngeren Stadien, kreisrund sein, dieselbe tendiert aber entschieden zu anisodiametrischer Entwicklung. Dieselbe wird polygonal, buchtig oder gelappt. Die Zeichnung im Innern kann eine einfache Granulierung sein, oder es zeigen sich Liniensysteme von verschiedener Art, oder es bildet sich durch eigentümliche Verteilung von Licht und Schatten der Eindruck von Furchungen und Erhabenheiten, die den Anschein des Hautreliefs eines Gebirgslandes gewähren können, mitunter auch wie Festungscroquis aussehen.

Das Charakteristische dieser Abteilung gegenüber der vorhergehenden ist das Anisodiametrische in der Entwicklung der Kolonie. Während die Mikrokokken, wohl in Übereinstimmung mit ihrer isodiametrischen Form, an und für sich auch isodiametrische Kolonien zur Entwicklung bringen, so findet hier stets eine nach den verschiedenen Richtungen hin mehr oder weniger ungleichmässige Entwicklung statt.

Bei vollständig anisodiametrisch ausgebildeter Kolonie kann man ziemlich sicher sein, dass dieselbe nicht aus Mikrokokken, sondern aus Stäbchen (meist Kurzstäbchen) besteht, umgekehrt beweist aber das Vorhandensein anscheinend isodiametrischer Kolonien noch nicht die Anwesenheit eines Mikrokokkus, da auch manche Bacillen in wenigstens sehr annähernd isodiametrischen Kolonien auftreten können.

In diese Abteilung gehört eine grosse Zahl von Arten, z. B. die Typhusbacillen (Fig. 65 *a* tiefliegende, *b* oberflächliche Kolonie), die als Typus gelten können. Viele Fäulnisbakterien, das Bacterium coli commune und die zahlreichen ihm nahestehenden Kurzstäbchenarten, gehören hierher.

Die 3. Abteilung, die festwachsenden Proteusarten, bilden Kolonien, welche ein ähnliches Aussehen wie die der verflüssigenden Proteusarten haben: bandschleifenartige Ausbreitungen auf der Oberfläche der Gelatine und schneckenartig gewundene, spindel- oder wurzelförmige Kolonien in der Tiefe derselben. Einzelne Zoogläen laufen in dünne, dicht gewundene Spiralen aus. Fig. 66 giebt die hierhergehörigen Kolonien des Helikobacterium Zopfii.

Die Kolonien der 4. Abteilung (festwachsende Vibrionen) stehen bezüglich der Grösse zwischen den Abteilungen 1 und 2. Der Rand der oberflächlichen Kolonien ist meistens kreisrund, die tiefliegenden Kolonien sind zwar vorzugsweise isodiametrisch, sonst aber den Kolonien der festwachsenden Bacillen sehr ähnlich.

Die obige Einteilung ist selbstverständlich nicht erschöpfend. Dieselbe hat lediglich den Zweck, dem Anfänger die Orientierung zu erleichtern und eine Übersicht über die Kolonieformen der bekannteren Spaltpilze zu verschaffen.

3. Die Wachstumseigentümlichkeiten auf verschiedenen Nährsubstraten

können ebenfalls wertvolle Anhaltspunkte für die Identifizierung einer Bakterienart liefern.

Zunächst ist es die Gelatine-Stichkultur, die bei verschiedenen Arten charakteristische Merkmale aufweist. Stichkultur

Behufs Anlegung einer Stichkultur berührt man mit einem geglühten, geraden Platindraht die Reinkultur einer Bakterienart, wie sie sich z. B. nach der Übertragung von der Platte (cf. S. 181) in Gelatine entwickelt hat, nimmt den Pfropf von einem mit Gelatine beschickten Reagenglas ab, indem man das letztere mit der Mündung nach unten hält und sticht nun den Draht circa 4 cm tief in die Mitte der Gelatine ein, zieht ihn wieder rasch

heraus und verschliesst mit dem Wattepfropf, der inzwischen so zwischen dem kleinen und Ringfinger der linken Hand gehalten wurde, dass jener Teil, welcher in das Reagenglas eingeführt wird, lediglich mit der Luft in Berührung kam.

Nach wenig Tagen hat sich vom Impfstich aus die Stichkultur entwickelt, die bei den verschiedenen Bakterienarten mehr oder weniger Unterschiede zeigt. So wachsen z. B. von den nichtverflüssigenden Bakterien die Erysipelkokken, die Mäuseseptikämiebacillen u. a. blos im Verlauf des Impfstiches, nicht auf der Oberfläche der Gelatine, und zwar die ersteren in Form eines zarten Schleiers, während die Stichkultur der letzteren ein bürstenförmiges Aussehen hat, indem vom Impfstich aus feine Fäserchen horizontal in die Peripherie gehen.

Andere Bakterienarten wachsen nur auf der Oberfläche der Gelatine, nicht im Impfstich, und endlich giebt es solche, welche sowohl an der Oberfläche, als im ganzen Verlauf des Impfstiches wachsen. Die einen bilden auf der Oberfläche einen feinen durchscheinenden Belag, welcher bei gewissen Arten die ganze Fläche der Gelatine (Typhusbacillen) oder nur einen Teil derselben überzieht (Bacterium aërogen. lactis), wieder andere bilden nagelförmige Kuppen (Friedländers Pneumoniebakterien) etc.

Bei den verschiedenen Arten der verflüssigenden Bakterien zeigt die Stichkultur ebenfalls Unterschiede, besonders in Bezug auf die Schnelligkeit der Verflüssigung. Bei einzelnen bildet sich auf der Oberfläche der verflüssigten Gelatine eine Haut, bei anderen nicht u. s. w.

Strichkultur

Will man das Oberflächenwachstum der Bakterien gut zur Anschauung bringen, dann macht man auf die im schiefliegenden Reagensglas erstarrte Gelatine, welche eine grosse Oberfläche darbietet, einen Strich von unten bis oben, indem man den mit der Reinkultur in Berührung gebrachten Platindraht auf der Oberfläche der Gelatine abstreift.

(Bei Anlegung der Stich- und Strichkultur muss die Gelatine frisch, d. h. die Oberfläche darf nicht vertrocknet sein, weil sonst

das Wachstum sehr kümmerlich ist, oder ganz ausbleibt. Ist die Gelatine schon vor längerer Zeit bereitet worden und ist die Oberfläche nicht flach, sondern eingezogen, dann muss man die Probe verflüssigen und neuerdings erstarren lassen.)

Die Strichkultur wird namentlich bei Blutserum angelegt.

Auch die Agar-Agar-Stich- und Strichkultur kann bei manchen Bakterienarten die Identifizierung erleichtern.

Fig. 67.



Kartoffelkultur

Besonders aber gilt dies für die Kartoffelkultur, welche eines der besten Differenzierungsmittel ist.

Behufs Herrichtung der Kartoffel für Bakterienkulturen sterilisiert man weite, mit Watte verschlossene Reagensgläser, auf deren Boden ein kleiner Wattebausch gebracht wurde, bei 160° C im Trockenschrank und giebt dann soviel sterilisiertes Wasser hinein, dass die Watte davon durchtränkt ist. Dann werden einige Kartoffeln ohne weitere Vorbereitung mit einem Küchenmesser geschält und nachdem etwaige faule Stellen ausgeschnitten wurden, unter dem Strahl der Wasserleitung gut abgewaschen. Alsdann werden die geschälten Kartoffel in Stücke von flachprismatischer Form zerlegt. Diese kommen in die Reagensgläser, welche nun 3/4 Stunden im strömenden Dampf sterilisiert werden. Die beim Kochen aus dem Kartoffelstück austretende Flüssigkeit sammelt sich in der Watte. Das Impfmaterial wird dann mittelst geglühter Platinöse oder Spatel auf die breite Kartoffelfläche in Form eines einige Millimeter breiten Streifens aufgestrichen und verrieben.

Gewisse Bakterien bilden einen dicken, saftigen, rahmartigen, andere einen dünnen glänzenden, kaum sichtbaren Belag (Typhusbacillen) auf der Kartoffel; andere wachsen in Form einer runzeligen Haut, wieder andere bilden gelbes, braunes, grünliches, rotes Pigment etc.

4. Infektionsversuche (Identifizierung pathogener Bakterien).

Identifizierung pathogener Bakterien

Bei der Identifizierung einer pathogenen Bakterienart, d. h. beim Nachweis der spezifischen Bedeutung derselben, sind nach Koch die folgenden Punkte zu berücksichtigen.

Eine Bakterienart darf nur dann als spezifisch angesehen werden, wenn sie sich ausschliesslich bei der betreffenden Krankheit (nicht bei einer anderen oder im normalen Körper) und zwar konstant in allen Fällen, in solcher Menge findet, dass die Krankheitserscheinungen hieraus erklärbar sind. Eine weitere Thatsache, welche für die spezifische Bedeutung spricht, ist der Nachweis von Reaktionserscheinungen im Gewebe, wie sie nachweislich durch pathogene Bakterien verursacht werden. - Schliesslich ist es absolut notwendig, um die spezifische Bedeutung einer pathogenen Bakterienart sicherzu stellen, dieselbe nach den erörterten Methoden aus den Organen oder dem Blut der frischen Leiche reinzuzüchten und mit der Reinkultur Infektionsversuche an Tieren auszuführen. Gelingt es durch die letzteren, dieselben Krankheitserscheinungen und Gewebsveränderungen hervorzurufen, wie sie für die betreffende Infektionskrankheit charakteristisch sind, dann erst ist die spezifische Bedeutung der betreffenden Bakterienart sicher dargethan.

Als Infektionsmethoden kommen in Betracht:

Infektionsmethoden

1. Die cutane Impfung. Es wird ein oberflächlicher Schnitt in die cutis gemacht, welcher nicht blutet. Das Infektionsmaterial wird in die verletzte Stelle eingestrichen.
2. Die subcutane Impfung. Man macht einen kleinen Schnitt durch die Haut, geht mit einer Sonde oder dergleichen ein und bildet eine „Hauttasche", in welche der Impfstoff eingestrichen wird.
3. Die subcutane Injektion. Das Impfmaterial wird in Wasser suspendiert, mittelst einer sterilisierbaren Spritze (zu beziehen bei Katsch, München) subcutan injiziert.

4. Injektion in die Blutbahn. Man präpariert eine grössere Vene (Ohrvene beim Kaninchen, bei kleineren Tieren die v. jugularis) bloss und injiziert mit der Katschschen Spritze. Anstatt eine Vene bloss zu präparieren, kann man auch nach dem Entfernen der Haare die auf der Rückseite des Ohres und am äusseren Ohrrand verlaufende Vene dadurch zu starker Füllung bringen, dass man auf das in der linken Hand liegende Ohr mit der rechten Hand einige heftige Schläge führt; dann klemmt man mit einer Klemmpincette ab, führt die Nadel in die stark gefüllte Vene ein, entfernt die Pincette und injiziert. Man sieht deutlich, wie die injizierte Flüssigkeit die Vene passiert.
5. Die Injektion in die vordere Augenkammer setzt uns in den Stand, die Entstehung und den Verlauf der pathologischen Veränderungen fortgesetzt zu beobachten. Das Auge wird kokainisiert, ein Lidhalter eingelegt, der Augapfel mittelst einer Häkchenpincette fixiert und die Nadel an der Grenze von Conea und Sclera eingestochen. Man lässt das Kammerwasser aus der Kanüle fliessen und injiziert dann einen Tropfen der Bakteriensuspension.
6. Die Resultate, welche man bei Injektion in die Bauch- oder Pleurahöhle erhält, sind nur mit Vorsicht zu verwerten, da es sich hiebei sehr oft um Intoxikation, nicht um Infektion handelt, und da der Eingriff an und für sich schon gefährlich sein kann.
7. Für Inhalationsversuche (Infektion von den Respirationsorganen aus) ist die von Buchner*) angegebene Methode die beste. Man kann auch Trachealkanülen in die Trachea einheilen lassen,

*) Archiv für Hygiene. Bd. VIII. Seite 145.

um dann später eine wässerige Suspension des Impfmaterials tropfenweise zu injizieren.

8. Um eine Infektion vom Darm aus zu erzielen, kann man die Bakterienkultur verfüttern, oder mittelst sehr weicher Gummi-Schlundsonde und Trichter direkt in den Magen giessen.

Vorsichtsmassregeln bei Infektionsversuchen

Bei allen Infektionsversuchen sind bestimmte Vorsichtsmassregeln streng einzuhalten. An den Hautstellen, an welchen die Infektion durch Impfung, subcutane oder intravenöse Injektion ausgeführt werden soll, müssen in weitem Umkreise die Haare entfernt, die Haut oberflächlich mit Seife gewaschen und mit 1 pro mille Sublimatlösung keimfrei gemacht werden. Die zur Herstellung der Wunde dienenden Instrumente, die Spritzen und Hohlnadeln müssen vorher bei 160 ^{0} C trocken sterilisiert werden. Um bei Anwendung der Katschschen Spritze das Einwachsen des Asbeststempels beim Sterilisieren zu verhüten, gibt man hinter denselben einige Tropfen Olivenöl.

Reinzüchtung der Anaërobien.

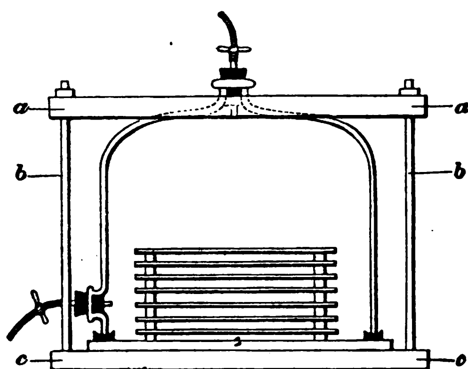
Reinkultur der Anaërobien

Zur Reinkultur von Bakterien, welche nur bei vollständigem Sauerstoffabschluss wachsen, verwendet man eine von Liborius*) angegebene Methode. Die mit dem Impfmaterial in üblicher Weise vermischte Nährgelatine (oder Nähr-Agar) wird auf Glasplatten ausgegossen und diese unter eine hermetisch geschlossene Kupferglocke gebracht, aus welcher aller Sauerstoff durch längeres Durchleiten von Wasserstoffgas verdrängt wird. Eine doppelt tubulierte Kupferglocke (Fig. 68) sitzt auf einem Kautschukring auf, welcher auf der Eisenplatte *c* liegt. Gegen diesen Ring wird die Glocke fest angepresst durch den hölzernen, in der Mitte ausgeschnittenen und auf der Kuppel der Kupferglocke gut aufliegenden Deckel *a*,

*) Zeitschrift für Hygiene Bd. I, S. 128.

der durch vier eiserne Stangen *b* mit der Eisenplatte *c* verbunden ist. Über dem Deckel ist an jeder der vier eisernen Stangen ein Gewinde angebracht, auf denen eine Schraubenmutter sitzt, so dass durch Anziehen der letzteren, mittelst eines Schlüssels, ein sehr energischer Druck auf den Deckel *a* und auf die Kupferglocke ausgeübt werden kann. Dadurch wird ein dauernd luftdichter Verschluss erzielt. Jeder Tubulus der Glocke ist mit einem durchbohrten Kautschukpfropfen versehen; die in der

Fig. 68.



Bohrung steckenden Glasrohre werden mit Kautschukschläuchen überzogen, die durch kräftige Quetschhähne verschliessbar sind. Der Apparat muss bei jedem Versuch durch Manometer auf seine Dichtigkeit (bei starkem Überdruck) geprüft werden. Die Verdrängung der Luft geschieht, nachdem die Gelatine- oder Agarplatten unter die Glocke gebracht wurden, durch längere Durchleitung von Wasserstoffgas, worauf die Quetschhähne geschlossen werden. Den Apparat lässt man bei gewöhnlicher Temperatur stehen oder man bringt ihn in den Brutofen. Nach einigen Tagen werden die Kulturen herausgenommen und durch Abimpfen unter mikroskopischer Kontrolle Reinkulturen hergestellt.

Zur Weiterführung der Reinkulturen von anaëroben Bakterien ist die Methode von Buchner besonders geeignet, welche in der Absorption des Sauerstoffs durch alkalisches Pyrogallol besteht. Ein grosses Reagensglas von 25 cm Länge und 3 cm Weite hat an seinem unteren Teile eine Einschnürung. Auf den Grund desselben werden 1 gr trockene, käufliche Pyrogallussäure und 10 ccm einer 3,3 prozentigen Kalilauge (1 Teil Liquor kali caust., 10 Teile Wasser) gebracht und dann ein gewöhnliches vorher mit Reinkultur infiziertes Kulturröhrchen mit Nährgelatine oder Agar, Serum oder Kartoffel etc. so hineingebracht, dass dasselbe auf der Einschnürung aufsteht. Der Wattepfropf des Röhrchens kann nach dem Einführen mittelst Pincette etwas gelockert werden, um die Absorption des Sauerstoffs im inneren Rohr zu beschleunigen. Alsdann wird die äussere Röhre durch einen neuen, elastischen, fest schliessenden Kautschukpfropf, den man zweckmässig an seinen Seitenwandungen etwas benetzt, luftdicht verschlossen. Die Sauerstoffabsorption ist in etwa 24 Stunden vollendet. Beschleunigt wird dieselbe durch öfteres Umschütteln, sowie dadurch, dass man die Kalilauge in die äussere Röhre in kochend heissem Zustand einträgt und die allzu rasche Abkühlung durch Umwickeln mit Watte verhindert.

Das Verfahren ist auch für Plattenkulturen anwendbar, indem unter eine luftdicht schliessende Glocke (Methode von Liborius) grössere Mengen von Pyrogallussäure und Kalilauge zugleich mit den Platten eingebracht werden.

Die einfachste und bequemste Methode der Reinkultur von Anaërobien ist die von Gabritschewsky,*) welche zugleich jederzeit die Beobachtung der heranwachsenden Kolonien gestattet.

---

*) Centralbl. für Bakteriologie und Parasitenkunde 1891.

Gabritschewky benützt eine Schale mit erhöhtem Mittelboden (7 — 8 cm im Durchmesser), welcher als Kulturplatte dient und einem hohlen Ring (1 cm tief und breit), der die runde Platte umgiebt. Mit der abgeschliffenen Deckplatte, welche auf dem oberen, ebenfalls abgeschliffenen Rand der Schale liegt, bildet sich ein Raum, der mit der äusseren Luft durch je zwei korrespondierende Bohrungen der Schale und der Deckplatte in Verbindung steht, so dass dieser innere Raum durch eine Drehbewegung des Deckels vollständig und luftdicht (mit Hülfe von Vaselin) abgeschlossen werden kann.*) Die Schalen mit ihren Deckplatten werden bei 160° C sterilisiert und unter die Glocke des Giessapparates so gestellt, dass der Deckel neben der Schale, auf eine Seite derselben gestützt, liegt. Nachdem die Gelatine (6—10 ccm) erstarrt ist, wird auf die untere geschliffene Seite des Deckelrandes Vaselin mit dem Pinsel aufgetragen und der Deckel auf die Schale so aufgelegt, dass ihre Bohrungen korrespondieren. Jetzt wird in eine von diesen zwei Öffnungen (0,5 cm im Durchmesser) ein Gummirohr oder ein Glasröhrchen von entsprechender Grösse dicht eingeführt und in Verbindung mit dem gaserzeugenden Apparat gebracht. Es genügt schon, 5 Minuten Gas (Wasserstoff) durch den inneren Raum der Schale durchzuleiten, um sicher die Luft daraus zu entfernen. Wenn man noch während des Durchleitens des Wasserstoffs in die freie Öffnung der Schale mittelst ausgezogener Glasröhrchen zuerst 3 ccm 20%iger Pyrogallussäure und dann ebensoviel verdünnter Kalilauge (1 : 10) eingiesst, so wird die Lösung nach dem Verschluss der Schale nicht braun und bleibt während der Züchtungszeit unverändert. Dies ist ein sicherer Beweis dafür, dass es gelungen ist, den Luftraum der Schale sauerstofffrei zu machen. Es ist durchaus überflüssig,

*) Die Kulturschalen für Anaërobien sind von Dr. G. Rohrbeck (Berlin NW., Karlsstr 24) zu beziehen.

einen Gummiring um Schale und Deckel herumzulegen, da der Vaselinverschluss genügt. Die Methode eignet sich nicht nur zur Kultur, sondern auch zur Zählung der Anaërobien, sowie zur fortgesetzten Beobachtung ihrer Wachstumsverhältnisse.

Bakteriologische Untersuchung des Wassers.

Entnahme der Wasserproben.

Probe-Entnahme

Die Entnahme der zur bakteriologischen Untersuchung bestimmten Wasserproben ist nach dem Zweck der Untersuchung einzurichten.

Die Versuche von Fränkel haben gezeigt, dass bei gewöhnlichen Röhrenbrunnen das Grundwasser als solches in der Regel keimfrei in den Brunnenkessel eintritt und die Bakterien erst innerhalb des letzteren aufnimmt.

Infolgedessen ist der erste Liter Wasser, den man aus einem solchen Brunnen pumpt, viel reicher an Bakterien, als der fünfzigste oder hundertste Liter, besonders wenn der Brunnen vorher mehrere Stunden nicht benützt wurde.

Es genügt daher nicht, einfach eine beliebige Probe zu entnehmen und auf Grund der Untersuchung derselben das betreffende Brunnenwasser zu begutachten.

Man wird vielmehr sowohl die Art und Weise der Probeentnahme (ob durch Auspumpen oder direktes Ausschöpfen aus dem Brunnenkessel), als die Zahl der zu entnehmenden Proben je nach dem Zweck der Untersuchung einrichten und abändern.

Will man z. B. über die Beschaffenheit des Brunnenwassers, so wie es von den Konsumenten getrunken oder als Nutzwasser verwendet wird, ein Urteil gewinnen, so wird man zunächst eine Probe entnehmen, nachdem die Pumpe eine Nacht hindurch nicht benutzt wurde, dann wird man 50, 100, 500 Liter auspumpen und in diesen Intervallen ebenfalls Wasserproben entnehmen.

Liegt der zu untersuchende Brunnen, Fluss etc. in der Nähe des Laboratoriums, dann kann man zum Einfüllen des Wassers Erlenmeyersche Kölbchen verwenden, welche mit Watte verschlossen bei 160° C sterilisiert werden. Am Brunnen wird die Mündung des Kölbchens mit einer Spiritusflamme flambiert und nach dem Erkalten die Wasserprobe eingefüllt.

Müssen die Proben länger transportiert oder mit der Post verschickt werden, dann ist die folgende, früher schon von Pasteur für die bakteriologische Luftuntersuchung benützte, neuerdings von Flügge*) für die Entnahme von Wasserproben vorgeschlagene Methode anzuwenden:

Fig. 69.



Aus einer leicht schmelzbaren Glasröhre werden Kugeln von circa 25ccm Inhalt geblasen, während die etwa 6 cm lange Glasröhre *H* am anderen Ende in eine dünne Kapillarröhre *J* ausgezogen und zugeschmolzen wird, solange die Kugel *K* noch glühend heiss ist (Fig. 69).

Nach dem Abkühlen hat man im Innern des Gefässes ein relatives Vakuum. Um diese Kugelröhren zu sterilisieren und für die Entnahme der Wasserprobe vorzubereiten, öffnet man die Spitze der Kapillare, während dieselbe in destilliertes Wasser eingetaucht ist. Das Wasser stürzt in den luftverdünnten Raum und füllt zu $^2/_3$ die Kugel. Nach dem Abtrocknen umwickelt man die Glasröhre bei *H* mit einem Streifen Filtrierpapier und fasst dieselbe hier mit der Zange. Das Papier nimmt alles bei dem nun folgenden Erhitzen von der Kapillare abtropfende Wasser auf und verhütet so das Zerspringen der heissen Kugel. Das in der Kugel befindliche Wasser wird bis zum Kochen erhitzt, so dass der Wasserdampf zischend aus der Öffnung der Kapillare entweicht. Sobald der letzte

*) Cf. A. Pfeiffer: Repertorium der analyt. Chemie. 1886. Seite 517.

Tropfen verdampft ist, wird die Öffnung der Kapillare zugeschmolzen. Die so sterilisierten Gefässe bringt man an den Ort der Entnahme, macht am Ende der Kapillare einen Feilenstrich, flambiert dasselbe und lässt erkalten. Dann bringt man die Spitze der Kapillare je nachdem in den kräftigen Strahl einer Pumpe, einer Wasserleitung, oder unter die Oberfläche des Flusswassers und bricht mittelst sterilisierter Schere oder Zange die Spitze ab. Wenn das in die Kugel stürzende Wasser dieselbe fast ganz gefüllt hat, schmilzt man das Ende der Kapillare sofort wieder zu. Man muss sorgfältig darauf achten, dass die Spitze der Kapillare während des Abbrechens im Wasserstrahl bleibt, da sonst Luft statt Wasser aspiriert würde.

Die so gefüllten Kugelröhren können nun in Eis verpackt und verschickt werden. Hiebei benützt Pfeiffer ein Blechgefäss mit genau schliessendem Deckel von etwa 30 cm Höhe und 20 cm Durchmesser. Dasselbe enthält im Innern auf seinem Boden 4 aufgelötete Blechringe von 3 cm Höhe, in welche je eine genau schliessende Blechbüchse zur Aufnahme der Wasserkölbchen eingepasst ist. In diese Blechbüchsen kommen die mit dem Wasser beschickten Kölbchen in Watte verpackt, worauf erstere in die Ringe eingesteckt und mit Eis umgeben werden. Das Eis wird fein zerschlagen, das ganze Gefäss vollgepackt und der Deckel, den man mit Gummiringen abdichten kann, aufgesetzt. Darauf wird das Gefäss in ein wollenes Tuch eingeschlagen und, in eine Kiste mit Stroh verpackt, zur Post gegeben. Das Eis ist auch nach 24stündigem Transport nicht ganz geschmolzen und deshalb noch eine Temperatur von 0° C im Gefäss vorhanden

Ausführung der bakteriologischen Wasseruntersuchungen.

Kommt das Wasser in den beschriebenen Kugelröhren zur Untersuchung, dann bringt man an der weiteren Glasröhre unterhalb der Stelle, an welcher sie in die Kapillare übergeht, einen Feilenstrich an, flambiert gut und bricht die Röhre ab. Alsdann führt man eine sterilisierte in $^1/_{100}$ ccm geteilte 1 ccm-Pincette, welche an ihrem Saugende einen Wattepfropf trägt, in die Röhre

ein und entnimmt das Wasser, welches unmittelbar vorher gut geschüttelt worden ist.

Man giebt nun in je eine verflüssigte Nährgelatineprobe je 0,05, 0,1, 0,5 und eventuell 1 ccm Wasser, mischt gut und giesst in der gewöhnlichen Weise (cf. S. 179) auf sterilisierte Glasplatten aus.

War das Wasser sehr stark verunreinigt und enthielt dasselbe beispielsweise 10,000 Keime pro ccm, so werden auf der mit 0,1 ccm Wasser beschickten Platte circa 1000 und auf der mit 0,05 ccm besäten 500 Kolonien zur Entwicklung kommen, also eine Zahl, bei welcher die Kolonien in der Gelatine genügend weit auseinander liegen, sich daher gut und charakteristisch entwickeln und leicht gezählt werden können. Die mit 0,5 und 1 ccm Wasser gegossenen Platten werden dagegen wegen der dichten Lagerung der Kolonien unbrauchbar sein. War das Wasser sehr rein und enthielt 1 ccm z. B. nur 40 Keime, so wird wenigstens die mit 1 ccm Wasser gegossene Platte verwertbar sein; auf derselben werden etwa 40 und auf der mit 0,5 ccm Wasser bereiteten circa 20 Kolonien zur Entwicklung kommen.

Die Zahl der Kolonien der einen Platte wird also durch die der anderen kontrolliert.

Bei genügender Verdünnung und Mischung wird in den meisten Fällen die Kolonie aus einem Keim hervorgegangen sein, so dass man durch die Zählung der Kolonien wenigstens sehr annähernd die Zahl der in einer gewissen Menge Wasser enthaltenen in Nährgelatine entwickelungsfähigen Keime erhält.

Zählung der Kolonien

Die Zahl der Kolonien wird immer auf 1 ccm Wasser berechnet. Um die Kolonien zu zählen, legt man die Platte unter den Wolffhügelschen Zählapparat oder auf ein Stück Papier, auf welches ein in □cm eingeteilter □dcm gezeichnet ist. Man zählt dann mittelst der Lupe die Kolonien in circa 20 gleichmässig über der Platte verteilten □cm und berechnet

das Mittel pro □cm. War z. B. die Platte mit 0,5 ccm Wasser gegossen worden und ergab die Messung, dass die Gelatineschichte 10 cm lang und 10 cm breit, also 100 □cm gross war, so ist, wenn die Zählung der Kolonien pro 1 □cm im Mittel 6 ergab, die Zahl der Kolonien auf der ganzen Platte 6 × 100 = 600 und pro 1 ccm Wasser = 1200.

Zur Zählung der Bakterienkeime in sehr stark verunreinigtem Wasser (z. B. Kanalwasser) und anderen stark bakterienhaltigen Flüssigkeiten benutzt man, um die zeitraubende Herstellung von Verdünnungen zu umgehen, die von Gabritschewsky angegebenen Kapillarpipetten, welche eine genaue Entnahme von 0,001—0,01—0,1 ccm und der dazwischen liegenden Mengen möglich machen. Man wendet zwei Kapillarpipetten an, eine kleinere, welche in 0,001—0,002 . . . . . 0,01 und 0,1 ccm und eine grössere, welche in 0,01—0,02 . . . . 0,1 und 1,0 ccm geteilt ist. Die beiden Pipetten sind nach dem Prinzip des Kapillarrohrs beim Blutkörperchen-Zählapparat (Melangeur Potaire) hergestellt und sind am oberen Ende mit einem Gummischlauch mit darauf sitzender Schraubenklemme versehen*).

Die Anwendung der Kapillarpipetten ist sehr einfach. Nachdem die Pipette (ohne Gummischlauch) in trockener Hitze sterilisiert und dann bis zur Zimmertemperatur (ca. 15° C) abgekühlt ist, wird der Gummischlauch mit Schraubenklemme aufgesetzt und die nötige Quantität der Flüssigkeit durch Öffnen resp. entsprechendes Einstellen der Schraube entnommen. Jetzt wird die äussere Oberfläche des Kapillarrohrs gut abgetrocknet und die abgemessene Quantität in die Verdünnungsflüssigkeit durch Niederschrauben derselben Schraube ausgetrieben (vor dem Gebrauch darf die Klemme nicht vollständig eingeschraubt, d. h. der Schlauch nicht vollständig durch dieselbe zusammengedrückt sein).

Bei gewisser Übung nimmt das Abmessen der Flüssigkeit mit Hülfe dieser Kapillarpipetten nicht viel Zeit in Anspruch. Es ist dabei besonders das Eindringen von Luftblasen in die Pipette zu vermeiden, deshalb ist zu berücksichtigen, dass die Pipette aus der Flüssigkeit nicht früher herausgenommen werden darf, als bis das Niveau der letzteren aufhört zu steigen; sind aber infolge der Ausserachtlassung dieser Vorsicht Luftbläschen hineingekommen, so ist es am besten, die ganze in der Pipette enthaltene Flüssigkeit zu entfernen, indem man in die Pipette von

*) Die graduierten Kapillarpipetten sind von Chr. Fuchs (München Schillerstrasse 11) zu beziehen.

oben (durch einen Wattepfropfen) hineinbläst und die herausfliessende Flüssigkeit mit sterilisiertem Filtrierpapier aufnimmt. Noch besser ist es ausserdem, die Pipette mit sterilisiertem Wasser, Alkohol absol. und Äther auszuspülen und kurz zu flambieren und dann das Abmessen von Neuem anzufangen. Mit Wasser, Alkohol und Äther müssen auch die Pipetten nach jedem Gebrauch gereinigt werden.

Will man die Untersuchung des Wassers am Orte der Entnahme ausführen, was in vielen Fällen, namentlich bei weiter Entfernung des Laboratoriums, sehr empfehlenswert ist, dann wendet man die Modifikation des Koch-schen Plattenverfahrens von Esmarch an.*)

Man nimmt in sterilisierten Blechbüchsen eingeschlossene, sterilisierte 1 ccm-Pipetten, sowie recht weite Gelatineröhrchen, die aber nur wenig (höchstens 4 ccm) Nährgelatine enthalten, an den Brunnen oder Fluss etc. mit, erwärmt dieselben in einem Wasserbad von 35° C oder vorsichtig über der Flamme, bis die Gelatine eben flüssig geworden ist und beschickt ein jedes Röhrchen, wie oben angegeben, mit abgemessenen Mengen des zu untersuchenden Wassers. Alsdann drückt man den Wattepfropf gut ein und stülpt über die Mündung des Röhrchens eine gut schliessende Gummikappe, damit kein Wasser durch die Watte ins Innere des Gläschens eindringen kann. Nun lässt man das Gläschen wagrecht auf einer Schale sehr kalten Wassers schwimmen und versetzt dasselbe sofort durch leichte Bewegungen mit der rechten Hand in Rotation. Dadurch wird die Gelatine an der Innenwand des Reagensglases gleichmässig verteilt und zum Erstarren gebracht, so dass man so zu sagen eine aufgerollte Gelatineplatte erhält, die eine nahezu ebensogrosse Fläche einnimmt, wie sie die gewöhnlichen Gelatineplatten besitzen. Ist die Rollplatte gelungen, dann kann man kaum sehen, dass sich überhaupt Gelatine in dem Reagensglas befindet. Methode von Esmarch

Haben sich nach einigen Tagen die Kolonien entwickelt und soll die Zahl derselben ermittelt werden, dann

*) Zeitschrift für Hygiene. Bd. I, S. 293 etc.

verfährt man folgendermassen: aus einem beliebigen Stück Papier schneidet man verschieden grosse Quadrate von 1, 1/2 oder 1/4 cm Seitenfläche heraus, fixiert es sodann mit der linken Hand auf einer beliebigen Stelle des Reagensglases und zählt nun unter der Lupe die Anzahl der im ausgeschnittenen Quadrate sichtbaren Kolonien.

Man wiederholt dies noch an beliebigen anderen Stellen des Glases, wodurch man zugleich ein Urteil über die gleichmässige Aussaat erhält, berechnet aus der Anzahl der gezählten Quadrate das Mittel und multipliziert das letztere mit der vorher ausgemessenen Reagensglasoberfläche, welche Zahl sodann die Summe sämtlicher im Glase befindlicher Keime ergeben wird.

Den Oberflächenwert der Gelatineschicht im Reagensglas erhält man nach Esmarch, indem man die Länge des Glases (vom Beginn der Krümmung des unteren Endes an nach aufwärts bis zum inneren Ende des Wattepfropfes), mit dem Umfang desselben multipliziert. Das untere abgerundete Ende des Glases, sowie die Fläche, welche durch den Wattepfropf gebildet wird, berücksichtigt man dadurch, dass man den Durchmesser des Röhrchens der oben gefundenen Röhrchenlänge hinzuaddiert.

Da bei längerem Anfassen des Glases mit der warmen Hand die Gelatine leicht flüssig wird, so benützt man zweckmässig einen von Esmarch angegebenen Apparat (Fig. 70), welcher das Reagensglas *R* in einer Hülse *V* fixiert. Dieselbe ist verschiebbar

Fig. 70.



und besitzt Ausschnitte von 1, $^1/_2$ und $^1/_4$ □ cm. Man schiebt einen solchen Ausschnitt unter die Lupe *L*, welche über der Hülse befestigt ist und zählt die Kolonien *C* und *c*.

Das Herausfischen einzelner Kolonien gelingt leicht, wenn man durch Drehen den Wattepfropf lockert und herausnimmt.

Ein grosser Vorteil dieser Methode besteht darin, dass man derartige Rollplatten (wenn keine verflüssigenden Kolonien vorhanden sind, oder wenn Agar-Agar benützt wurde) beliebig lange, ohne in der Besichtigung derselben behindert zu sein, vor Verunreinigung durch Keime aus der Luft geschützt, aufbewahren kann.

Für die Beurteilung des Wassers als Trink- und Nutzwasser sind die beschriebenen Methoden der Untersuchung ausreichend.

Methode der fraktionierten Einsaat

Bei der Bearbeitung wissenschaftlicher Fragen, wird man unter Umständen auch andere Methoden, z. B. die Verdünnungsmethode von Miquel (Methode der fraktionierten Einsaat [s. S. 221] anwenden. Man verteilt das in bestimmtem Masse verdünnte Wasser tropfenweise in 40 Bouillonproben und berechnet die Anzahl der Keime aus der Anzahl der in der Folge sich trübenden Bouillonkonserven, unter Beachtung des Grades der Verdünnung und der Anzahl der eingesäeten Tropfen. Wurden z. B. je 0,01 ccm in 50 Bouillonproben ausgesäet und trübten sich von diesen beim Aufbewahren im Brütschrank 10 (mehr als 12 [d. h. 25%] sollen sich überhaupt nicht trüben, weil sonst der Versuch ungenau wird), so waren in 0,01 × 50 = 0,5 ccm 10, in 1 ccm Wasser also 20 Keime enthalten. (Über den zu gebrauchenden Grad der Verdünnung des zu untersuchenden Wassers mit sterilisiertem Wasser, kann man sich durch einen orientierenden Versuch leicht Gewissheit verschaffen, da nach 24 Stunden im Brütapparat nach Miquel der vierte Teil der im Wasser enthaltenen Bakterienkeime sich entwickelt, während welcher Zeit das zu untersuchende Wasser bei 0° C aufbewahrt wird.) Durch die Miquelsche Methode erhält man wesentlich grössere Zahlen als durch das Gelatineplatten-Verfahren.

Vorsichtsmassregeln bei Wasseruntersuchungen

Schliesslich ist noch ein sehr wichtiger Punkt ganz besonders zu beachten: Die bakteriologische Untersuchung des Wassers muss möglichst bald nach

der Entnahme, spätestens 1—2 Stunden nach derselben, vorgenommen werden, da bei gewöhnlicher Temperatur in den Wasserproben eine so rapide Vermehrung der Bakterien eintritt, dass beispielsweise ein Wasser, welches sofort nach der Entnahme 100 Keime enthielt, nach 24 Stunden 5000 und nach 36 Stunden 15 000 und mehr Bakterien aufweist.

Bevor die zur Aussaat auf Gelatine bestimmte Wassermenge mit der Pipette entnommen wird, muss das Wasser, um eine gleichmässige Verteilung der Keime zu erzielen, gut geschüttelt werden.

Da sich nach Professor Cramer die Bakterien im Wasser unter Umständen (besonders wenn es gröbere suspendierte Stoffe enthält) ziemlich rasch senken, so muss das Pipettieren möglichst rasch ausgeführt und die Pipette, während des Abnehmens der Wattepfröpfe etc., nahezu horizontal gehalten werden.

Beurteilung der Resultate bakteriologischer Wasseruntersuchungen.

Beurteilung des Resultates der bakteriolog. Wasser-untersuchung

Wenn man bei Beurtheilung des Trinkwassers „das Freisein desselben von Infektionsstoffen“ als Hauptnorm aufstellt, so muss dies als eine sonderbare Forderung bezeichnet werden. Vom hygienischen Standpunkte muss man viel mehr verlangen, nämlich eine solche Herstellungsart der Brunnen, dass nichts in dieselben hinein gelangt, als reines Grundwasser.

Durch die epidemiologische Forschung wurde der Beweis erbracht, dass epidemische Krankheiten (insbesondere Typhus und Cholera) nicht durch Trinkwasser verursacht werden. In Übereinstimmung mit den epidemiologischen Thatsachen ist durch bakteriologische Untersuchungen nachgewiesen, dass Choleravibrionen, selbst wenn sie in kolossaler Zahl in den Brunnen gebracht werden, nach 24 Stunden daraus verschwunden resp.

darin zu Grunde gegangen sind. Keine einzige pathogene Bakterienart vermag sich im Wasser zu vermehren, alle gehen vielmehr in kurzer Zeit darin zu Grunde.

Nun behaupten aber bekanntlich einzelne Forscher, dass es ihnen gelungen sei, zur Zeit von Epidemien Choleravibrionen und Typhusbacillen im Trinkwasser nachzuweisen und selbst so kritische Beobachter wie Hüppe und Fränkel glauben, dass diese Beobachtungen richtig sind.

Wenn man aber auch den Nachweis von Choleravibrionen in einem indischen Tank durch Koch als Thatsache anerkennt, so beweist dieser einzig dastehende Fall doch nicht, dass durch diese Choleravibrionen im Wasser wirklich auch Cholera beim Menschen verursacht wurde. Im Gegenteil, es ist höchst wahrscheinlich, dass dies nicht der Fall war, da in demselben Tank auch in cholerafreien Zeiten Choleravibrionen gefunden wurden. In dem betreffenden Tank wurden die mit Exkrementen beschmutzten Hemden von Cholerakranken gewaschen; es konnten daher Choleravibrionen naturnotwendig zeitweise im Wasser vorhanden sein, dass aber durch diese Cholera beim Menschen verursacht wurde, ist nicht bewiesen.

Als die Cholera in Palermo herrschte, konnten Buchner, Emmerich und Leone keine Choleravibrionen im Trinkwasser finden, obgleich alle Brunnen der Stadt untersucht wurden.

Noch viel schlimmer steht es mit dem angeblich gelungenen Nachweis von Typhusbacillen im Brunnenwasser. Es ist nämlich heutzutage überhaupt noch nicht möglich, die ausserhalb des menschlichen Körpers im Wasser oder im Boden vorhandenen Typhusbacillen mit voller Sicherheit als solche nachzuweisen. Man betrachtet gegenwärtig die Kartoffelkultur als sicheres Kriterium für die Identifizieruug von Typhusbacillen, und wenn im Wasser gefundene Bacillen auf der Kartoffel so wachsen, wie Typhusbacillen, dann sagt man: es sei der Nachweis von Typhusbacillen im Wasser geglückt. Nun giebt es

aber im Wasser, im Boden etc. Bakterien, welche auf der Gelatineplatte und in Gelatinestichkulturen die gleichen Wachstumsverhältnisse zeigen, wie die Typhusbacillen.

Die Wachstumseigentümlichkeiten dieser, den Typhusbacillen morphologisch gleichen Spaltpilze auf der Kartoffel sind nun aber noch nicht näher untersucht.

Da der bei anderen pathogenen Bakterien ausschlaggebende Tierversuch bei den Typhusbacillen zur Identifizierung nicht herangezogen werden kann, und da die Wachstumseigentümlichkeiten der, den Typhusbacillen morphologisch und biologisch nahestehenden saprophytischen Bakterien nicht genügend erforscht sind, so ist die Richtigkeit aller Fälle, bei denen behauptet wurde, dass der Nachweis der Typhusbacillen im Brunnenwasser gelungen sei, stark anzuzweifeln und es kann denselben keine Beweiskraft für die angebliche ätiologische Bedeutung des Trinkwassers zukommen. Bei einer lokal begrenzten Typhusepidemie in Passau, im Jahre 1889, ergab die Untersuchung des verdächtigen Wassers durch Emmerich und Karlinsky, dass in demselben Typhusbacillen nicht vorhanden waren.

Typhus-bacillen

Wenn es sich um die Identifizierung von Typhusbacillen handelt, welche nicht aus der Typhusleiche, sondern aus Boden, Wasser etc. gezücht wurden, muss man ausser den auf Seite 182 angegebenen Punkten noch die folgenden Differenzierungsmethoden anwenden:

1. Die negative Indolreaktion der Typhusbacillen im Gegensatz zu anderen ähnlichen Bacillenarten (Kitasato)*). Man setzt zu 10 ccm alkalischer Bouillonkultur der zu untersuchenden Bakterien, welche 24 Stunden lang bei Brüttemperatur gestanden hat, 1 ccm einer Lösung von reinem Kaliumnitrit, die 0,02 in 100 ccm enthält und dann einige Tropfen konzentrierter Schwefelsäure. Bei Bakterien, welche Indol in der

*) Zeitschrift für Hygiene. VII. Bd. S. 515.

Bouillon produzieren, entsteht eine rosa- oder tiefrote Färbung. Während die Typhusbacillen-Bouillonkultur diese Reaktion nicht gibt, tritt dieselbe in Bouillonkulturen der meisten anderen Bakterien, welche den Typhusbacillen morphologisch und biologisch (Wachstum auf Gelatine etc.) ähnlich sind, mehr oder minder intensiv ein, so z. B. bei Bringers Bacillen, Emmerichs Bacillen, dem Bacterium coli commune, Milchsäurebacillen etc.

2. Die Kultur in Kartoffelgelatine nach Holz*). In einer Kartoffelgelatine, von der 10 gr 2,4 bis 3,2 ccm Zehntel Normalalkali zur Sättigung gebrauchen, wachsen die Typhusbacillen in so charakteristischer Weise, dass sie sich von ähnlich wachsenden Bacillen leicht unterscheiden lassen, zumal dieser Nährboden der Entwicklung anderer Bakterien mehr oder weniger ungünstig ist. Diese Gelatine wird folgendermassen bereitet:

Reinigen, Schälen, Abwaschen der Kartoffeln.
Zerkleinerung auf einem Küchenreibeisen.
Durchpressen des Saftes und Breies durch ein Tuch.
24stündiges Aufbewahren des Saftes in verschlossener Flasche und Filtrieren.
1/2 stündiges Erhitzen im Dampftopf und abermaliges Filtrieren. Zusatz von 10% Gelatine.
3/4 stündiges Erhitzen im Dampftopf.
Filtrieren; Abfüllen in Reagensgläser; diskontinirliches Sterilisieren.

Auf den Verdünnungsplatten von solcher Gelatine zeigen sich die tiefer liegenden Kolonien der Typhusbacillen nach 3 Tagen unter dem Mikroskop, stark lichtbrechend, deutlich gleichmässig chagriniert, nie gelb gefärbt. Die ober-

*) Zeitschrift für Hygiene. VIII. Bd. S. 143.

flächlichen Kolonien erscheinen mikroskopisch ganz klar und durchsichtig, wie auf die Gelatine gehaucht mit ausgebuchtetem Rande; bei 100-facher Vergrösserung zeichnen sie sich durch ihr starkes Lichtbrechungsvermögen aus, sie sind sehr schön gefältelt, farblos, niemals in der Mitte gelblich. Am 4. Tage werden die tiefliegenden Kolonien mehr gelblichbraun, gleich der Farbe der Kartoffelgelatine, die oberflächlichen Kolonien verhalten sich wie am 3. Tage, werden nur grösser, erreichen aber selbst nach 8 und 12 Tagen selten die Grösse von 1,5 qmm und erst am 5. bis 7. Tage sind sie in der Mitte gelblich, ohne jemals hier eine grössere Erhebung zu zeigen, wie es bei den typhusähnlich wachsenden Bacillen der Fall ist.

Ist das Wasser sehr reich an Bakterien, so gelingt der Nachweis der Typhusbacillen in demselben am besten durch 3stündige Behandlung des Wassers mit Karbol (0,25 %) und folgende Aussaat auf Kartoffelgelatine. Durch Zusatz von 0,05 % Karbolsäure zur Kartoffelgelatine gelingt es ohne besondere Schädigung der Typhusbacillen, störende Ansiedelungen von Schimmelpilzen und verflüssigenden Bakterienarten soweit zu behindern, dass das Auffinden der ersteren in Erd-, Wasser- und Schmutzproben leichter möglich ist.

3. Untersuchungen über die Vermehrungsfähigkeit der fraglichen, den Typhusbacillen ähnlichen Bakterien im Wasser. Die Typhusbacillen vermehren sich nicht im Wasser, welches bei 12° C aufbewahrt wird, wohl aber andere den Typhusbacillen ähnliche Wasserbakterien. Man giesst daher von Tag zu Tag abgemessene Mengen des Wassers mit Nährgelatine auf Platten aus und stellt fest, ob eine Vermehrung oder Verminderung der fraglichen Bakterien im Wasser eintritt. Ist Ersteres

der Fall, dann handelt es sich wahrscheinlich nicht um Typhusbacillen. Man kann auch grössere Mengen der reingezüchteten den Typhusbacillen ähnlichen Bakterien in das untersuchte Wasser aussäen und die Zu- oder Abnahme derselben durch tägliche Aussaat des Wassers auf Gelatineplatten feststellen.

4. Ermittelung der Kohlensäuremengen, welche Typhusbacillen und die diesen ähnlichen, zu identifizierenden Bakterien in der gleichen Quantität Nährbouillon unter gleichen Bedingungen (Temperatur etc.) von Tag zu Tag entwickeln. Die Kohlensäuremengen sind bei den Typhusbacillen in der Regel viel geringer als bei den diesen ähnlichen Bakterien des Wassers etc.

5. Endlich empfiehlt es sich die Säuremengen zu ermitteln, welche Typhusbacillen und die zu identifizierenden Bakterien in 10 ccm genau neutraler Lakmusmolke innerhalb 10 Tagen bei 37° C bilden. (Petruschky*)

Zur Neutralisierung erforderten solche Kulturen:

	Volumprocent. 1/10 Normal-Natronlauge:
Bacillus typhi abdominalis	2—3 %
„ Neapolitanus Emmerich	7—8 %
Typhusähnliche Bacillen aus Bier	7—8 %
„ „ aus Eiter	17 %

Bei der Identifizierung von Cholerabacillen ist ausser den auf Seite 182 erwähnten Untersuchungen namentlich noch die Cholerarotreaktion auszuführen. Salkowsky fand, dass die Cholerabacillen in Nährbouillon (mit 1 % Pepton) bei 37° C schon in 24 Stunden sowohl Indol als salpetrige Säure, letztere aus Ammoniak oder durch Reduktion von Nitraten producieren. Cholerabacillen

*) Bakterio-chemische Untersuchungen. Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde VI. Bd. Seite 657.

In Flüssigkeiten, welche Indol und salpetrige Säure enthalten, entsteht auf Zusatz von reiner konzentrierter Schwefelsäure eine roth-violette Färbung (Cholerarot-Indol-Reaktion). Man filtriert die 24 Stunden bei 37° C gehaltene Bouillonkultur und lässt in das Filtrat konzentrierte Schwefelsäure vorsichtig an der Glaswandung herunterlaufen, so dass keine Vermischung eintritt. Die Schwefelsäure sammelt sich am Grunde des Reagensglases, und an der Berührungsstelle mit der Bouillon entsteht ein mehr oder weniger intensiv rot-violett gefärbter Ring.

Es giebt nun zwar viele Bakterien, welche innerhalb 24 Stunden in Bouillon Indol, aber nicht gleichzeitig salpetrige Säure erzeugen, welch' letztere zum Zustandekommen der Reaktion nötig ist. Bei mehrere Tage bis Wochen alten Kulturen von Finkler-Priors-Bacillen u. a. erhält man die Reaktion zwar auch; für die Cholerabacillen ist aber charakteristisch, dass sie die Reaktion schon bei 12 bis 24stündiger Kultur in 37° C geben. Es ist bis jetzt keine Bakterienart bekannt, welche sich ebenso verhält, so dass die Cholerarotreaktion von grossem differential-diagnostischem Werte ist.

Bei der Wasserversorgung von Ortschaften kommt also die Frage, ob im Wasser keine pathogenen Bakterien sind, nicht in Betracht; denn wohin würde es führen, wenn man alle Wasser, die für die Versorgung einer Stadt in Vorschlag gebracht werden, auf die Gegenwart von pathogenen Bakterien untersuchen wollte. Da würde man z. B. eine Streptokokkenart auf der Platte finden, die genau so wächst wie der Streptococcus pyogenes und erysipelat. Man müsste nun Infektionsversuche machen, um nachzuweisen, dass es sich nicht um diese pathogenen Streptokokken, sondern um einen Saprophyt von ähnlichen morphologischen und biologischen Eigenschaften handelt. Da aber noch niemals Erysipel oder Blutvergiftung durch Trinkwasser verursacht wurde, so wird es Niemanden einfallen, eine solche Untersuchung auszu-

führen. Das Gleiche gilt aber für Typhus- und Cholerabacillen.

Wenn man daher zu entscheiden hat, ob sich ein Wasser zur Versorgung einer Ortschaft eignet, so wird man deshalb auch nicht nach Typhus- und Cholerabacillen suchen. Es ist, wie gesagt, eine überflüssige Forderung, wenn die Bakteriologen bei Beurteilung des Wassers in erster Linie die Forderung stellen, „dass im Wasser keine pathogenen Bakterien seien".

Wenn somit auch nach den epidemiologischen Erfahrungen in Indien und in Europa Infektionon durch Trinkwasser nicht vorkommen, so verlangt man doch mit Recht reines Wasser, weil alle unsere Nahrungs- und Genussmittel rein und appetitlich sein sollen und weil reines Wasser, wenn es in allen Stockwerken der Häuser in grosser Menge zur Verfügung steht, ein mächtiges Mittel ist, um Reinlichkeit im allgemeinen zu befördern.

Bei der Beurteilung des Wassers muss das Resultat der chemischen und bakteriologischen Untersuchung in gleicher Weise berücksichtigt werden.

Bei der bakteriologischen Untersuchung und bei der Beurteilung der Resultate derselben, hat man besonders zu beachten:

1. die Zahl der im Wasser enthaltenen Bakterien,
2. die Arten der im Wasser vorhandenen Spaltpilze und
3. die Herkunft der gefundenen Bakterien (ob aus dem Boden, aus Exkrementen, Hausabwasser etc. stammend).

Ein Wasser ist um so reiner, eine je geringere Zahl von Bakterien und je weniger differente Arten von Spaltpilzen es enthält.

Soviel wir bis jetzt wissen, sind die im Wasser vorkommenden Mikro-Organismen nicht schädlich, vielleicht mit Ausnahme einiger Spaltalgen, von denen nach-

gewiesen ist, dass sie Fische tödten und vielleicht auch die Gesundheit des Menschen ungünstig beeinflussen.

Spaltspilze an und für sich haben hygienisch noch nicht die geringste Bedeutung, nachdem man weiss, dass der Mensch mit einem Löffel voll saurer Milch oder Butter und dergl. viele Millionen Bakterien verschluckt. Da aber das Grundwasser selbst, wie Fränkel gezeigt hat, „bakterienfrei" ist, so rührt ein erheblicher Gehalt des Wassers an Bakterien entweder von unreinen Zuflüssen, sei es von der Oberfläche oder aus Jauchegruben etc. her, oder derselbe ist durch die Ansiedelung von Mikro-Organismen an den Wandungen des Brunnens bedingt.

Reines Quellwasser, z. B. das Mangfall-Leitungswasser der Stadt München, enthält nur 10—30 Keime pro 1 ccm.

Sobald der Keimgehalt eines Wassers über 200 pro 1 ccm steigt, ist durch weitere Untersuchungen, insbesondere durch die chemische Analyse und die Okularinspektion, die Ursache der Verunreinigung festzustellen.

Bei der bakteriologischen Untersuchung ist ferner zu ermitteln, wie viele und eventuell welche Arten von Spaltpilzen vorhanden sind. Gehören die gefundenen Bakterien sämtlich einer oder einigen wenigen Arten an, und sind die letzteren auch in reinem Normalwasser der Gegend zu finden, so ist das Wasser als zum Genuss und Gebrauch geeignet zu bezeichnen.

Lässt sich aber im Gegenteil nachweisen, dass das Wasser Bakterienarten enthält, welche z. B. konstant in den menschlichen Exkrementen oder im Kanalwasser u. s. w. vorkommen, dann ist das Wasser als unappetitlich vom Genuss und Gebrauch auszuschliessen.

Leider sind die in verschiedenen Arten von Abwasser, Jauchegruben etc. vorkommenden Bakterienarten*) noch

---

*) Über die Bakterien der menschlichen Exkremente siehe Escherich: Die Darmbakterien etc. Stuttg. Ferd. Enke. 1886, und über die Bakterien des Kanalwassers: Dr. Mori, Zeitschrift für Hygiene. Bd. 3.

nicht genügend studiert, so dass die Quelle der Verunreinigung durch bakteriologische Untersuchung, wenigstens gegenwärtig, nicht so leicht zu finden ist, als durch die chemische Analyse (siehe S. 125).

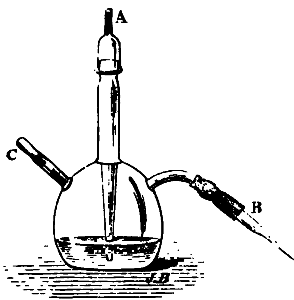
Der Beurteilung von Quell- und Flusswasser wird man den Bakteriengehalt notorisch reiner Quellen der Gegend, resp. denjenigen im Oberlauf der Flüsse, bevor dieselben dichtbewohntes Gebiet berührt haben, zu Grunde legen.

Bakteriologische Untersuchung der Luft.

Die ersten Untersuchungen über entwicklungsfähige Keime der Luft haben Thompson, Pasteur, später Maddox, Cuningham, sowie Cohn und Miflet ausgeführt. Diese Forscher begnügten sich mit dem Nachweis entwicklungsfähiger Keime, während späterhin Pasteur und besonders Miquel die Methoden so vervollkommneten, dass durch dieselben auch eine Zählung und Isolierung der Luftkeime möglich wurde.

Methode von Miquel*): Miquel benützt zur Zählung der Luftkeime die Methode der „fraktionierten Einsaat" in Nährflüssigkeiten (Nährbouillon). **Methode von Miquel**

Fig. 71.



Der hiezu nötige Apparat (Fig. 71) besteht aus einem Glaskolben, auf dessen langen Hals oben eine in eine Röhre *A* auslaufende Kappe aufgesetzt wird. (Das Ende des Kolbenhalses und die innere Fläche des Kappenrandes sind geschliffen.) Der Hals verlängert sich nach unten spitz zulaufend, bis zum Boden des Gefässes, wo er mit einer kapillaren Öffnung endet,

*) Jahresbericht des Observatoriums in Montsouris 1886 von Miquel, deutsch von E. Emmerich. München 1889. Rieger's Verlag S. 3.

durch welche die Luft bei der Aspiration eintritt. Das Gefäss besitzt ferner zwei seitliche Röhren. Die eine *C*, mit zwei Wattepfröpfen versehene, wird mit dem Aspirator durch einen Gummischlauch verbunden, die zweite, abwärts gebogene, *B* trägt einen kleinen Kautschukschlauch, in welchen eine zugeschmolzene, dünn ausgezogene Glasröhre eingefügt ist.

Man giesst in den Apparat 30—40 ccm destilliertes Wasser und versieht die Röhre *A* mit einem, die Röhre *C* mit zwei sterilisierten Wattepfröpfen. Der Apparat wird dann in einem Papinschen Topf zwei Stunden lang auf 110° C erhitzt.

Nach erfolgter Abkühlung verbindet man die Röhre *C* mit dem Aspirator, flambiert die Kappe *A*, hebt sie ab und bewahrt sie in einem sterilisierten Reagensglas unter Watteverschluss auf. Alsdann wird die zu untersuchende Luft langsam durch den Apparat geleitet. Nach vollendeter Aspiration wird die Kappe, nachdem sie flambiert wurde, wieder aufgesetzt. Nunmehr bläst man durch den Gummischlauch in die Röhre *C*, bis die Flüssigkeit bis an die Mündung des Kolbenhalses emporgestiegen ist und lässt dann die Wassersäule durch ihr eigenes Gewicht, oder durch leichtes Saugen zurücksinken. Wiederholt man dies 10—12 mal, so gelangen alle an der Wandung hängen gebliebenen Keime in die Flüssigkeit, während der Wattepfropf in *A* das Eindringen von Keimen aus der Luft verhindert. Nachdem man die Spitze *B* flambiert und mit geglühter Schere abgebrochen hat, verteilt man den Inhalt des Apparates in 30—40 sterilisierte Bouillonproben. Das Volumen der zu aspirierenden Luft ist derart zu bemessen, dass $^3/_4$—$^4/_5$ der so behandelten Bouillonproben in der Folge klar (frei von Keimen) bleiben.

Schliesslich bringt man in den Apparat 25 ccm Bouillon und schiebt mittelst geglühtem Platindraht den inneren Wattepfropf der Röhre *C*, durch welchen die Luft filtriert wurde, ehe sie den Apparat verliess, in die Bouillon.

Aus der Anzahl der getrübten Röhrchen ergiebt sich ohne weiteres die Anzahl der im ausgesäeten Wasser, resp. im durchgesaugten Luftvolumen enthaltenen Bakterien.

Trübten sich beispielsweise von 40 Proben 10 und wurden 5 Liter Luft durchgeleitet, so enthielt ein Liter Luft 2 Keime. Da nämlich in diesem Fall in die 30 klargebliebenen Röhrchen, obgleich sie mit der gleichen Menge des zum Waschen der Luft benützten Wassers beschickt wurden, kein Keim gelangt ist, so ist es ausserordentlich wahrscheinlich, oder so gut wie sicher, dass in jede der 10 getrübten Proben nur je ein Keim kam.

Der Versuch ist daher nur dann als gelungen zu betrachten, wenn die Zahl der getrübten Bouillonproben das erwähnte Verhältnis ($^3/_4$—$^4/_5$ oder 15—25 %) nicht übersteigt, denn es ist klar, dass, je grösser ihre Anzahl, desto grösser auch die Wahrscheinlichkeit wird, dass bei der Einsaat mehrere Keime in jede Bouillonkonserve gelangt waren. Der innere Wattepfropf in *C*, durch welchen die durch das Wasser aspirierte Luft schliesslich hindurch geht, enthält nur sehr selten Bakterien. Es kommt dies nach Miquel bei 100 Analysen 25—30 mal vor. In diesem Falle tritt eine Trübung der 25 ccm Bouillon im Apparat ein und die Zählung ist dann ungenau.

Emmerich*) hat einen Apparat konstruiert, welcher den Wattefilter überflüssig macht und die zuletzt erwähnten Mängel der Miquelschen Methode beseitigt, da alle Keime sicher in der Flüssigkeit zurückgehalten werden, in welch' letzterer die Luft, zu kleinen Blasen verteilt, einen sehr langen Weg zurücklegen muss. Vergl. Seite 87.

Durch die Einführung der festen Nährsubstrate in die bakteriologische Technik ist auch die Luftuntersuchung wesentlich vervollkommnet und vereinfacht worden.

---

*) Cf. R. Emmerich: Die Bestimmung der entwicklungsfähigen Luftkeime. Archiv f. Hygiene, Bd. I, Seite 169, u. Hueppe: Die Methoden der Bakterienforschung 1889, S. 422.

Es giebt mehrere Methoden der Luftuntersuchung mit Anwendung fester Nährsubstrate.

Anwendung fester Nährsubstrate bei der Luftuntersuchung

Die einfachste Methode ist folgende: In das obere Drittel einer 0,5 cm weiten und 10—15 cm langen Glasröhre bringt man einen Pfropf aus Watte oder Glaswolle und verschliesst die beiden Öffnungen der Röhre ebenfalls mit Wattepfröpfen. Nun wird die Röhre bei 160° C sterilisiert. Nach dem Erkalten verbindet man das untere Ende der Röhre mit einem Aspirator, dann nimmt man den äusseren Wattepfropf des oberen Endes ab und saugt circa 100 bis 200 Liter Luft durch die Röhre. Bei nicht zu schneller Aspiration bleiben die Keime in dem im oberen Drittel der Röhre befindlichen Watte- oder Glaswollepfropf zurück. Nach Beendigung der Aspiration flambiert man sowohl das obere als das untere Ende der Röhre, entfernt aus letzterem den Wattepfropf und schiebt mittelst geglühtem Platindraht den Watte- oder Glaswollepfropf, welcher die Keime der durchgesaugten Luft enthält, in ein Gelatineröhrchen. Die Gelatine wird verflüssigt, gut gemischt und auf eine Glasplatte ausgegossen. Der Wattepfropf wird mit zwei sterilisierten Pincetten zerzupft und die Fasern gleichmässig in der Gelatine verteilt. Man kann dann später die Kolonien bei 80facher Vergrösserung untersuchen, isoliert abimpfen etc. Wenn es sich nicht um genaue Zählung, sondern um Untersuchung der Luft auf pathogene Keime handelt, dann leistet diese einfache Methode die besten Dienste.

Kommt es jedoch auf genaue Ermittelung der Zahl der Luftkeime an, dann verfährt man nach der Methode von Petri*), durch welche man wesentlich grössere Zahlen erhält, als mit den anderen Methoden.

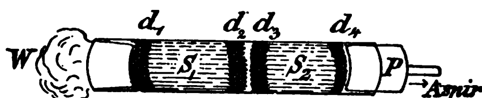
Methode von Petri

Petris Verfahren besteht darin, dass die zu untersuchende Luft durch eine Wasserstrahl- oder Handluftpumpe durch ein Sandfilter gesaugt wird.

*) Zeitschrift für Hygiene 1887, Bd. III. S. 1.

Feiner Sand von 0,25 bis 0,5 mm Korngrösse wird zunächst ausgeglüht. Dann bringt man in die Mitte einer 8—10 cm langen Glasröhre von der Dicke eines Reagensglases zwei napfförmige Drahtnetze $d_2 d_3$ (Fig. 72), deren Maschenweite kleiner als der Durchmesser der Sandkörner ist. Der entsprechend der Röhrenwandung abge-

Fig. 72.



bogene Rand muss fest an der letzteren anliegen. Auf jedes dieser Drahtnäpfchen wird eine 3 cm lange Sandschichte gebracht, so dass zwei Sandfilter S_1 u. S_2 entstehen, die in der Mitte des Glasrohres mit einander in Berührung treten (Fig. 73). Das zweite Filter dient nur als Kontrolle für die Sufficienz des ersten und muss keimfrei bleiben, während im ersten alle Keime aus der durchgesaugten Luft zurückgehalten werden sollen. Nach Einbringung der Filter werden die beiden Öffnungen des Glasrohrs möglichst fest mit Wattepfropfen geschlossen und die Vorrichtung bei 160° C sterilisiert. Beim Versuche werden die Watteverschlüsse entfernt und das eine Ende des Röhrchens durch einen von einem Bleirohr durchbohrten Kautschukpfropf *P* mit der Luftpumpe verbunden. Der Pfropf mit Bleirohr lag vorher in 1‰ Sublimatlösung und wurde dann mit sterilisiertem Filtrierpapier getrocknet. Das Ansaugen soll nicht schneller vorgenommen werden, als die Entnahme von 10 Liter Luft in einer bis zwei Minuten erfordert. Die Geschwindigkeit des Luftstroms im Sandfilter soll 0.7 m in der Sekunde nicht übersteigen. Man leitet 100—200 Liter Luft durch, säet alsdann den keimbeladenen Sand, nachdem man die Mündungen des Röhrchens flambiert hat, in flache, ungefähr 9 cm weite Doppelschälchen aus und übergiesst denselben mit

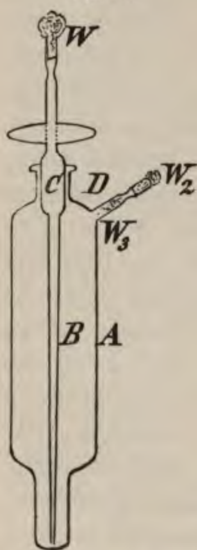
verflüssigter Nährgelatine, wobei durch seitliches Schütteln für möglichst gleichmässige Verteilung des Sandes in der Gelatine gesorgt werden muss. Es entwickeln sich nun in der Gelatine isolierte Kolonien, welche gezählt und weiter untersucht werden können etc.

Absolut genaue Zahlen giebt auch diese Methode selbstverständlich nicht, da sich ja zahlreiche Keime auf Gelatine überhaupt nicht entwickeln.

Methode von Strauss

Sehr leicht und rasch ausführbar ist die einfache Methode von Strauss. Der Apparat von Strauss (Fig. 73) besteht aus einem cylindrischen Glasgefäss *A*, dessen verengter Teil mit der, während des Versuchs flüssig zu erhaltenden und mit einem Tropfen Öl versetzten Nährgelatine vollständig gefüllt ist. In den Hals *C* ist eine mit einer feinen Öffnung endigende Röhre *B* eingeschliffen, durch welche die aspirierte Luft in die Gelatine gelangt. Die obere Öffnung dieser Röhre ist mit einem Wattepfropf *W* verschlossen, der beim Anfange des Versuchs abgenommen wird. Die Röhre *D*, welche einen inneren W_3 und einen äusseren W_2 Wattepfropf trägt, wird mittelst Gummischlauch mit dem Aspirator verbunden. Nachdem circa 100—200 Liter Luft aspiriert wurden, wird ein im sterilisierten Reagensglas unter Watteverschluss bereitgehaltener sterilisierter Wattepfropf wieder in die Öffnung der Röhre *B* gebracht. Alsdann bläst man in die Röhre *D*, damit die Gelatine in der Röhre *B* emporsteigt und beim Zurückgehen die an der Wandung haftenden Keime mitnimmt. Darnach wird der äussere Wattebausch aus der Röhre *D* genommen, der innere, welcher noch einige Keime enthalten könnte, mittelst geglühtem Draht

Fig. 73.



in die Gelatine gestossen und ersterer wieder aufgesetzt. Schliesslich werden die Keime durch Schütteln in der Gelatine gleichmässig verteilt und die letztere auf eine Glasplatte ausgegossen oder im Apparat selber nach der Methode von Esmarch zum Erstarren gebracht.

Es ist selbstverständlich, dass der mit den Wattepfröpfen armierte Apparat von Strauss zuerst trocken bei 160° C und nach dem Einfüllen der Gelatine noch $^3/_4$ Stunden im strömenden Dampf sterilisiert werden muss.

Methode von Hesse

Zur Lösung von vielen hygienischen Fragen eignet sich ganz besonders die Methode von Hesse, welche die folgenden Vorzüge gegenüber den anderen Methoden hat: Jedes Luftstäubchen enthält, wie durch Untersuchungen von Hadernstaub etc. festgestellt wurde, nur eine Art von Mikroorganismen und stellt zumeist, wenn nicht immer, eine kleine Kolonie (Ketten von Stäbchen etc.) dar. Durch die Hessesche Methode werden nun die Luftkeime als solche sicher und leicht gezählt. Bei den anderen Methoden werden aber die einzelnen Luftkeime mehr oder weniger in die einzelnen Individuen zerteilt und desshalb erhält man auch grössere Zahlen nach diesen Methoden Da aber eine vollständige Isolierung der einzelnen Individuen schwer möglich ist und jedenfalls nicht sicher festgestellt werden kann, ob eine solche erzielt wurde, so lassen sich nach diesen Methoden zuverlässige und vergleichbare Resultate nicht leicht erzielen und es empfiehlt sich daher, nicht die entwickelungsfähigen Individuen, sondern die unveränderten, unzerkleinerten Luftkeime zu zählen, d. h. die folgende Methode von Hesse anzuwenden.

Ein 70 cm langes, 3,5 cm weites Glasrohr wird an dem einen Ende durch eine fest schliessende Gummikappe, welche eine zentrale kreisrunde Öffnung von $^1/_2$ cm Durchmesser hat, verschlossen; über die erste wird eine zweite, nicht durchlochte Gummikappe gezogen, welche ausserdem an das Glasrohr festgebunden wird. Das andere Ende des Glasrohrs wird mit einem Gummipfropf verschlossen, in dessen Durchbohrung ein 10 cm langes Glasrohr sitzt, welches mit zwei Wattepfropfen armiert wird.

Man füllt 70 ccm sterilisierte Nährgelatine in das vorher schon im strömenden Dampf sterilisierte Rohr und lässt den letzteren nochmals eine Stunde einwirken. Nachdem sich die Röhre etwas abgekühlt hat, hält man dieselbe horizontal in den Strahl der Wasserleitung und rotiert sie schnell um ihre Achse.

Sobald die Gelatine zähflüssig wird, hört man mit dem Drehen auf und lässt das Rohr horizontal liegen.

Die ganze Innenfläche des Rohres ist nun mit einer dünnen Schichte Gelatine ausgekleidet, während der Boden mit einer dickeren Schichte bedeckt ist. Bei Beginn des Versuches nimmt man die äussere undurchbohrte Kappe ab, verbindet den Aspirator mit dem Glasrohr und saugt langsam Luft (im Freien in 3 Minuten, im Zimmer in 4 Minuten 1 Liter) durch die Röhre. Nach Beendigung der Aspiration setzt man die äussere Kappe, die inzwischen in Sublimatlösung aufbewahrt wurde, wieder auf.

Die Bakterienkeime und Pilzsporen fallen grösstenteils auf die Bodenschichte und nach einigen Tagen sind die vorderen $^2/_3$ derselben mit zahlreichen Kolonien bedeckt, und zwar finden sich im vorderen Teil des Rohres hauptsächlich Bakterienkolonien, weiter innen aber Pilzrasen. Dies rührt wohl daher, dass die Bakterienkeime meist an Staubpartikel angeklebt sind, die leichter niederfallen, als die isoliert in der Luft schwebenden Schimmelpilzsporen. Bakterien, welche auf der Oberfläche der Gelatine nicht wachsen, wie z. B Erysipelkokken, entgehen bei dieser Methode der Beobachtung.

Beurteilung der Resultate von Luftuntersuchungen

Man muss stets beachten, dass man durch die geschilderten Methoden der Luftuntersuchungen die thatsächliche Keimzahl in der Luft nicht zu ermitteln vermag. Man wird immer zu niedrige Zahlen erhalten, weil sich in dem zum Versuch verwendeten Nährmedium nicht alle Keime entwickeln. Wenn man z. B. nach dem Verfahren von Miquel arbeitend bei Verwendung von Bouillon 100 Keime zählt, ergiebt die Aussaat des mit Luftkeimen infizierten Wassers auf Gelatineplatten nur 50 Keime.

Die Beobachtungsdauer muss weit länger bemessen werden, als dies gewöhnlich geschieht.

Bei Anwendung von Bouillon und einer Temperatur von 30 ⁰ C erhielt Miquel folgende Zahlen:

Vom 1. bis 5. Tag entwickeln sich 66 % der Luftkeime,
„ 6. „ 10. „ „ „ 21 „ „ „
„ 11. „ 15. „ „ „ 6 „ „ „
„ 16. „ 40. „ „ „ 7 „ „ „

Für Nährgelatine bei 18—20 ⁰ C ist die Entwicklung noch langsamer:

Vom 1. bis 15. Tag entwickeln sich 72 % der Luftkeime,
„ 16. „ 30. „ „ „ 28 „ „ „

Trotz dieser Mängel der üblichen Methoden ist man im Stande, auf Grund der erzielten Resultate die Salubrität der Luft in geschlossenen Räumen zu beurteilen, und durch fortgesetzte Untersuchungen der freien atmosphärischen Luft wurden bereits wichtige Thatsachen ermittelt, so z. B., dass die meteorologischen Bedingungen, welche die Aussaat und Verbreitung der Luftkeime begünstigen, Trockenheit und Luftströmungen (Winde) sind, d. h. dass die Luft bei langdauerndem Regen sehr wenig, bei längerer Trockenheit sehr viel Keime enthält.

Bakteriologische Untersuchung des Bodens.

Entnahme von Bodenproben

Zur Entnahme der Bodenproben aus oberflächlichen Schichten benützt man einen sterilisierten Spatel oder Löffel, mit welchem man den Boden in sterilisierte, mit Watte verschlossene Gläser füllt.

Fig. 74.



Zum Ausheben von Bodenproben aus tieferen Schichten bedient man sich des in Fig. 74 abgebildeten Erdbohrers, welchen Dr. Muencke in Berlin nach C. Fränkels Angaben konstruierte.

Oberhalb des Bohrgewindes befindet sich in der $3^1/_2$ cm dicken Bohrstange ein 12 cm langer und 2 cm tiefer löffelförmiger Ausschnitt zur Aufnahme für die Erde, welcher durch eine Hülse, an der eine nach aussen gebogene Leiste sich befindet, verschliessbar ist. Führt man den Bohrer mit verschlossenem Ausschnitt in den Boden ein, so bleibt die Hülse solange über dem Ausschnitt liegen, als der Bohrer nur von links

nach rechts gedreht wird. Ist der Bohrer in die Tiefe gelangt, in welcher man die Probe entnehmen will, dann dreht man von rechts nach links, infolge dessen die Leiste der Hülse Widerstand am Boden findet und der Löffel sich öffnet. Einige weitere Drehungen von rechts nach links reichen hin, um den Ausschnitt völlig mit Boden zu füllen. Wird jetzt in der ursprünglichen Richtung von links nach rechts gedreht, dann verschliesst die Hülse den Ausschnitt wieder und der Inhalt kann gesichert vor Vermischung mit der Erde der höheren Schichten herausgefördert werden. Man schiebt alsdann die Hülse zurück und entnimmt mit sterilisiertem Löffel die Probe, reinigt den Ausschnitt mit sterilisiertem Filtrierpapier, worauf man die Bohrung weiter fortsetzen kann.

Methoden der Bodenuntersuchung

Um die im Boden vorhandenen Keime in isolierten Kolonien zur Entwicklung zu bringen, streut man nach Koch den lufttrockenen Boden mittelst eines sterilisierten Messers so auf Nährgelatine, die kurz vorher auf sterilisierte Glasplatten ausgegossen wurde, dass die einzelnen Bodenpartikel (Sandkörner etc.) möglichst isoliert gelagert sind. Da aber der Boden meist sehr viele Keime enthält, so entwickeln sich von einem Körnchen aus oft sehr viele und differente Kolonien, die dann ineinander wachsen, so dass die Herstellung von Reinkulturen, sowie namentlich die Zählung der Keime sehr erschwert ist.

Man verfährt deshalb nach Beumer u. A. besser so, dass man den zu untersuchenden Boden mit sterilisiertem Spatel in sterilisierte Glasgefässe, welche bis zum Rande 1 ccm fassen, eindrückt, bis sie platt zum Rande gefüllt sind. Es wird also nicht ein bestimmtes Gewicht, sondern ein gemessenes Volumen Boden (1 ccm) zur Untersuchung verwendet, was deshalb zweckmässig ist, weil man eine bessere Vorstellung hat von einem bestimmten Volumen Boden, als vom Gewicht.

Dieses mit 1 ccm Boden gefüllte Glasgefäss wird nun in 100 bis 1000 ccm sterilisiertes Wasser gebracht

und nach öfterem Umschütteln entnimmt man mit sterilisierter Pipette aus der Mitte der Aufschwemmung bestimmte Mengen Flüssigkeit, welche mit Gelatine oder Agar-Agar vermischt, auf Platten ausgegossen werden.

Um sicher zu sein, dass alle Keime aus dem Boden in die Flüssigkeit gelangt sind, benützt Emmerich ein sterilisierbares Gefäss, welches durch ein sehr feines Drahtnetz in zwei Hälften geteilt ist. Durch die obere Öffnung wird ein abgemessenes Volumen Boden (2—5 ccm) auf das Drahtnetz gebracht, circa 50 ccm sterilisiertes Wasser zugegeben und die Öffnung verschlossen. Nach längerem Schütteln öffnet man die obere und untere Öffnung des Apparates, worauf die Flüssigkeit rasch in einen sterilisierten Glaskolben abfliesst. Wiederholt man diese Manipulation (Zugeben von Wasser, Schütteln und Abfliessenlassen) etwa 20 mal, dann sind alle Keime aus dem Boden ausgewaschen und die Flüssigkeit enthält nur schwimmende Partikelchen, keine gröberen Bodenkörner. Man sät nun abgemessene Mengen der Suspension auf Nährgelatine oder Agar-Agar aus und misst schliesslich die Gesammtmenge der Flüssigkeit.

Die Zahl der Keime wird auf 1 ccm Boden berechnet.

Nachweis pathogener Bakterien im Boden

Handelt es sich um den Nachweis pathogener Bakterien im Boden, dann wird man neben der obigen Methode auch direkte Infektionsversuche ausführen, indem man 1—2 g des zu untersuchenden Bodens in eine oder mehrere Hauttaschen eines Tieres bringt und mit dem Blute und Gewebssaft des verendeten Tieres andere infiziert. Meistens wird man schon aus dem Blut und dem Organgewebe des ersten oder zweiten Tieres durch Aussaat der letzteren auf Gelatine oder Agar-Agar-Platten, Reinkulturen der betreffenden pathogenen Bakterienart erzielen.

Die bakteriologische Untersuchung des Bodens wird voraussichtlich für die Erforschung der Aetiologie von

ektogenen Infektionskrankheiten grosse Bedeutung gewinnen.

Litteratur:

Flügge: Die Mikro-Organismen. Leipzig 1886.

Fraenkel: Grundriss der Bakterienkunde. II. Auflage. Berlin 1887.

Hueppe: Die Methoden der Bakterienforschung. IV. Auflage. Wiesbaden 1889.

Tiemann-Gärtner: Die chemische und mikroskopisch-bakteriologische Untersuchung des Wassers. Braunschweig 1889.

VI.

Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel.

Erfahrungsgemäss werden die Nahrungs- und Genussmittel oft

a) unter einer zur Täuschung geeigneten Bezeichnung feilgehalten:

(Edle Weinnamen für ordinäre Weinsorten,
„Bayrische Gutsbutter“ für Margarine,
„Orientalisches Mokkamehl“ für Zichorienkaffee),

b) mit dem Schein einer besseren Beschaffenheit versehen:

(Spritzhähne oder Mussierpulver für schales Bier,
Färben grauer Würste mit Anilinrot),

c) zum Teil gefälscht: d. h.

α) durch Zusatz wertloser oder minderwertiger Stoffe gleichen Charakters oder durch Entnahme wertvoller Stoffe verschlechtert,

(Pfefferschalen in gemahlenem Pfeffer,
Margarine in Butter,
Baumwollsamenöl in Olivenöl,
Teilweise Entrahmung der Milch,
Extrahieren der Gewürze vor dem Verkauf);

β) mit minderwertigen oder wertlosen fremdartigen Stoffen zum Zwecke der Volum- oder Gewichts-

vermehrung versetzt oder ungenügend von anhängenden wertlosen Stoffen gereinigt:
(Zusatz von Wasser zur Milch,
Kunstwein,
Belassung von Erde an Zichorienwurzeln);

d) in verdorbenem, gesundheitsschädlichem, ekelerregendem Zustande oder mit verdorbener Waare gemischt verkauft:
(Faules Fleisch,
Giftiger Käse,
Tropf- und Neigbier);

e) durch Verwendung giftiger oder ätzender Stoffe bei der Herstellung und Aufbewahrung gesundheitsschädlich:
(Schweflige Säure in Konserven,
Giftige Farben auf Zuckerwaaren,
bleihaltige Konservendosen).

Die Abteilungen a und b sind mitunter kaum als landläufige Fälschung zu betrachten, da eine Reihe von Handelsgebräuchen, insbesondere aber die Aufbereitung der Waare häufig Schälungen, Färbungen u. s. w. bedingt, wie auch die Anwendung gewisser Phantasiebezeichnungen mitunter zulässig erscheint.

In Deutschland ist der Verkehr mit Nahrungs- und Genussmitteln durch das Gesetz vom 14. Mai 1879 und dessen Nachträge und Ausführungsbestimmungen geregelt. In Bayern bestehen durch allerhöchste k. Verordnung vom 27. Januar 1884 zur Untersuchung der einschlägigen Gegenstände eigene Untersuchungsanstalten, so zu
München für Ober- und Niederbayern und Schwaben und Neuburg,
Erlangen für Oberpfalz, Mittel- und Oberfranken,
Würzburg für Unterfranken,
Speyer für die Rheinpfalz und ausserdem in Nürnberg und Fürth für die Stadtbezirke.

Allgemeine Bestandteile der Nahrungsmittel.

Allgemeine Bestandteile

Die Bestandteile der Nahrungsmittel bestehen im Allgemeinen aus organischen Stoffen, anorganischen Salzen (Asche) und Wasser. Die ersteren werden wieder geteilt in stickstoffhaltige und stickstofffreie Substanzen.

I. Wasser.

Wassergehalt

Zur Bestimmung des Wassers werden feste Substanzen zerkleinert und gemischt; von der Mischung wird eine Durchschnittsprobe zur Untersuchung genommen. Man wägt eine reine Porzellan- oder Platinschale genau ab und giebt 5 oder 10 g der Substanz rasch hinein, trocknet im Luftbad bei 100° C und lässt im Exsikator erkalten. Das Trocknen und Wägen wird dann wiederholt, bis nach einstündigem Trocknen nur mehr eine Gewichtsabnahme von 1—2 mg erfolgt (Gewichtskonstanz).

Die Gewichtsabnahme nach dem völligen Trocknen ist gleich dem Wasser, das in der abgewogenen Menge Substanz enthalten war und wird auf Prozente der Substanz berechnet.

Flüssige Substanzen werden auf 15° C Temperatur gebracht, hievon wird dann wie bei Wasser eine abgemessene Menge auf dem Wasserbad zur Trockne verdampft und der Rückstand dann wie oben getrocknet und auf Prozente berechnet.

Häufig ermittelt man den Gehalt der Lösungen an Trockensubstanz und Lösungsmittel durch Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Lösung und Ablesen des Trockensubstanzgehalts aus einer empirisch ermittelten Tabelle.

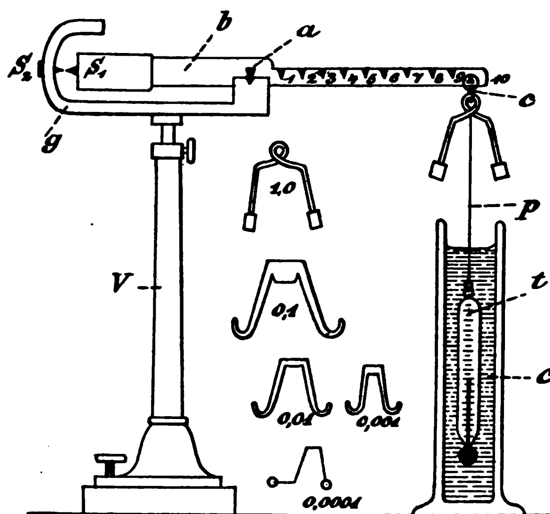
Piknometer, Aräometer

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes einer Lösung kann man sich der Piknometer (siehe Artikel „Bier" unter Alkoholbestimmung), Senkwagen (Aräometer), oder am einfachsten der Westphalschen Wage bedienen (Fig. 75).

Westphalsche Wage

Dieselbe ist eine ungleicharmige Wage und besteht aus einer genau lotrecht stellbaren Säule *V*, welche ein Axenlager *g* trägt. Auf demselben spielt mittelst der Stahlaxe *a* der ungleicharmige Balken *b*.

Fig. 75.



Der eine Arm desselben ist durch Einkerbungen in 10 gleiche Teile geteilt und trägt an seinem Ende ein Prisma *c*, an das mittelst eines Platinhäkchens und eines Platindrahtes *p* ein Schwimmkörper mit Thermometer *t* aufgehängt ist.

Diesem Arm mit Schwimmkörper hält in Luft der andere, massive, kurze Arm, dessen Ende mit einer Spitze S_1 versehen ist, das Gleichgewicht. Im Ruhestand und bei genauer Horizontalstellung der Wage spielt diese Spitze S_1 gegen eine zweite S_2, die an einem Bügel des Axenlagers *g* befestigt ist, ein.

Als Gewichte dienen Reitergewichte, welche mit ihren Schneiden in die Kerbungen des geteilten Balkens einzulegen, resp. aneinanderzuhängen sind.

Bringt man den Senkkörper *t* in einen Cylinder mit Wasser von 15° C Temperatur, so wird der geteilte Arm infolge des Auftriebes der Flüssigkeit leichter und der Balken *b* geht daher in eine schiefe Stellung über, wobei S_1 unter S_2 sinkt.

Um wieder Gleichgewicht herzustellen, muss man das grösste der beigegebenen Reitergewichte = 1, am Punkt 10 des geteilten Balkens aufhängen, das spezifische Gewicht des Wassers bei 15° C ist somit 1.000, d. h. das Gewicht ist ebenso schwer als das vom Schwimmkörper verdrängte Wasservolumen.

Hat man nun nicht Wasser, sondern eine leichtere oder schwerere Flüssigkeit, so ist der Auftrieb kleiner oder grösser, das Gewicht 1 daher zu viel oder zu wenig.

Man legt nun die kleineren Gewichte auf, deren jedes = $^1/_{10}$ des nächst grössten ist, und zwar beginnt man bei leichteren Flüssigkeiten mit dem Gewicht 1 bei 0.9 u. s. w., bei schwereren mit 1.1, wozu ein zweites gleiches Gewicht beigegeben ist.

Man fährt so fort, bis beide Spitzen genau gegeneinander einstehen und beachtet, dass alle Schneiden der Reitergewichte genau in den Kerbungen sitzen.

Z. B.: spezifisches Gewicht eines Bieres bei 15° C:

die Einheit am Punkte 10	1.0000
die Einheit auf der Teilung gar nicht ($^1/_{10}$)	0.0000
der Reiter $^1/_{100}$ auf Punkt 2	0.0200
„ „ $^1/_{1000}$ „ „ 5	0.0050
„ „ $^1/_{10000}$ „ „ 4	0.0004
zusammen	1.0254,

d. h. das spezifische Gewicht des Bieres bei 15° C ist 1.0254.

II. Mineralstoffe (Asche).

Die Trockensubstanz oder eine gleichzeitig damit abgewogene Substanzmenge wird in gewogener Schale oder in einem gewogenen Tiegel über einem Drahtdreieck direkt durch einen Bunsenbrenner erhitzt, wobei man die Flamme Mineralstoffe

anfangs sehr klein macht und allmählich steigert. Die organische Substanz verbrennt erst mit Flammenentwicklung und giebt dann Kohle, welche durch fortgesetztes Glühen weiss gebrannt werden muss. Es ist vorteilhaft, die Flamme von Zeit zu Zeit zu entfernen und die Kohle erkalten zu lassen, da dann infolge von Sauerstoffaufnahme bei erneutem Erhitzen das Weissbrennen befördert wird.

Sowie die Asche weiss ist, lässt man im Exsikator erkalten und wägt. Die Gewichtszunahme gegen die leere Schale ist gleich der Menge der Mineralstoffe in der angewandten Substanz.

III. Stickstoffhaltige Substanzen.

Stickstoffhaltige Substanzen

Zur Bestimmung des Stickstoffs dient das Verfahren von Kjehldal. Hienach werden die organischen Substanzen durch wasserfreie Schwefelsäure zersetzt, die Stickstoffsubstanzen liefern hiebei Ammoniak, das von der Schwefelsäure zu Ammonsulfat gebunden wird. Aus diesem Salz wird durch Erhitzen mit Natronlauge das Ammoniak abgespalten, in titrierter Schwefelsäure aufgefangen und die letztere zurücktitriert.

Man braucht

1. konzentrierte wasserfreie Schwefelsäure, der man 10% Phosphorsäureanhydrid zusetzt,
2. Platinchlorid - Lösung zur Unterstützung der Schwefelsäurewirkung.
3. Natronlauge (1 Teil Natriumhydrat in 2 Teilen Wasser) zum Neutralisieren und Zersetzen des Ammonsulfats.

Ausführung der Methode:

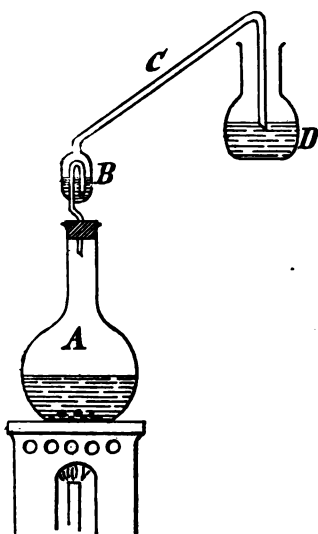
1. Zersetzung der organischen Substanz: 0.5—1 g (von Flüssigkeiten, wie Milch, Bier 20 ccm, die im Kolben möglichst weit eingedampft werden) werden in einem zur Zersetzung dienenden Hartglaskölbchen von 150 ccm Inhalt genau abge-

wogen, mit 20 ccm der Säuremischnng übergossen und nach Zusatz von 3 Tropfen Platinchlorid über einem Drahtnetz in einem gut ziehenden Abzug mit kleiner Flamme erhitzt. Stark kohlenden Substanzen ist ein erbsengrosses Stückchen Paraffin zuzusetzen.

Man erhitzt bis die Flüssigkeit weingelb oder farblos geworden ist, lässt erkalten, verdünnt vorsichtig mit Wasser, wobei die Lösung sehr heiss wird, spült sie dann in einen 500 ccm Kolben und wäscht wiederholt nach, so dass die Gesamtflüssigkeit etwa 150 ccm beträgt.

2. Bestimmung des Ammoniaks. Zu der stark sauren Ammonsulfatlösung setzt man langsam und ohne die Flüssigkeiten zu durchmischen 100 ccm starke Natronlauge und einige Stückchen Zink, setzt einen Gummipfropf mit einem 0,6 cm weiten, doppelt gebogenen, aufsteigenden Glasrohr *C* auf den Kolben und bringt denselben auf ein Drahtnetz. Um das Überspritzen von Natronlauge sicher zu vermeiden, schaltet man eine Kugel *B* ein, wie Fig. 76 zeigt. Diese Kugel dient als Waschvorrichtung und wird mit destilliertem Wasser beschickt, so dass die umgebogene Röhre gerade eintaucht. Das andere Ende der Röhre *C* taucht eben in ein Kölbchen *D*, das 10 ccm Normalschwefelsäure und 30 ccm Wasser enthält. Man schüttelt nun den Kolben *A* um, behufs Durchmischung der Lauge mit der sauren Ammonsulfatlösung, stellt sofort die Gasflamme darunter und

Fig. 76.



destilliert nun das Ammoniak ab, ohne zu kühlen, da ein Ammoniakverlust nicht eintritt, spült nach einer halben Stunde das in die Vorlage *D* tauchende Rohrende gut ab und prüft die Reaktion der übergehenden Dämpfe. Besitzen dieselben keine merklich alkalische Reaktion, so ist die Austreibung des Ammoniaks beendigt.

Um ein Zurücksteigen der Schwefelsäure aus *D* nach *C* und *A* ganz sicher zu vermeiden, setzt man an das Ende der Röhre *C* mittelst Gummischlauch ein Glasrohr an, das zu einer Kugel von 50 ccm Inhalt aufgeblasen und unten etwas verengt ist. Nach Beendigung der Destillation wird dieses Kugelrohr abgenommen und aussen und innen mit destilliertem Wasser nach *D* abgespült.

Man titriert die Schwefelsäure nach dem Erkalten mit $^1/_4$ norm. Natronlauge (in 1 Liter 10 g reinstes Natriumhydrat, Richtigstellung gegen Normaloxalsäure) oder $^1/_4$ Normalammoniak (in 1 Liter 42 5 g Ammonhydroxydlösung von 10 % Gehalt) und Rosolsäure oder Lakmus als Indikator zurück. Die gefundene Stickstoffmenge wird mit 6.25 multipliziert, um Stickstoffsubstanzen (Eiweissstoffe) zu erhalten, da letztere im Mittel 16 % Stickstoff enthalten; z. B.

Es wurden verwendet 0,5 g Fleischmehl und 10 ccm Normalschwefelsäure = 40 ccm $^1/_4$ Normallauge = 0,14 g Stickstoff.

Zum Zurücktitrieren wurden statt 40 ccm nur 32 ccm $^1/_4$ Normallauge gebraucht.

Es wurde somit durch Ammoniak aus der Destillation eine Schwefelsäuremenge gesättigt, welche 8 ccm $^1/_4$ Normallauge entsprach.

Da nun 40 ccm $^1/_4$ Normallauge = 0,14 g Stickstoff, so hat man den Ansatz 40 : 0.14 = 8 : x,

woraus $x = \frac{8 \times 0.14}{40} = 0{,}028$ g Stickstoff.

Es enthalten also 0,5 g Fleischmehl 0,028 g Stickstoff,
somit . . . . 100 g „ 5,6 g „
oder 5,6 × 6,25 = 35,0 % Stickstoffsubstanzen (Eiweissstoffe).

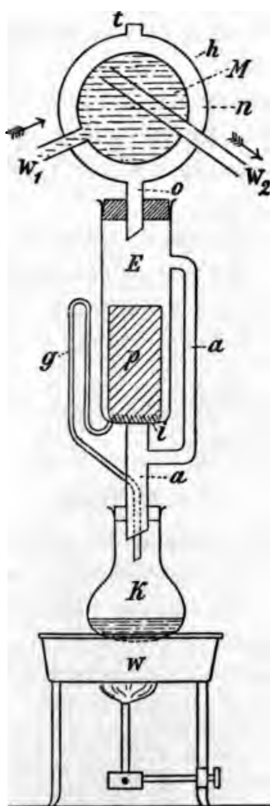
IV. Stickstofffreie Substanzen (Fette und Kohlehydrate).

1. Fett.

Der Fettgehalt wird bestimmt durch Extrahieren der wasserfreien Substanz mit Äther, welcher das Fett auflöst und dasselbe nach dem Verdampfen oder Abdestillieren des Äthers zurücklässt.

10 g der Durchschnittsprobe werden bei 100° C getrocknet und ohne Verlust in eine Filtrierpapierpatrone gebracht, welche eben in den zur Fettextraktion dienenden Soxhletschen Apparat (Fig. 77) passt.

Fig. 77.



Der Soxhletsche Extraktionsapparat besteht aus einer etwa 3 cm weiten und 15 cm hohen Glasröhre *E*, welche zur Aufnahme der zu entfettenden Substanz dient.

An den Boden von *E* ist ein engeres, 12 mm weites Rohr *a* angeblasen, das neben *E* aufsteigend, in dessen oberen Raum führt. Ferner führt ein Heberrohr *g*, das den Boden von *E* durchbricht, zurück nach *a*.

Man setzt an diesen Apparat mittelst guter Korke unten an *a* ein Kölbchen *K* für den Äther an, das man auf ein Wasserbad *w* stellt, oben an *E* einen Kühler. Am zweckmässigsten sind hiezu die von Soxhlet konstruierten Kugelkühler aus vernickeltem Messingblech.

Dieselben bestehen aus einer Hohlkugel *h*, welche durch das Rohr *o* in Verbindung mit *E* steht.

Innerhalb dieser Kugel befindet sich eine zweite *M*, so dass zwischen beiden Kugeln ein nur geringer Zwischenraum *n* bleibt. Die innere Kugel wird durch ein Rohr w_1 mit Wasser gespeist, das durch w_2 wieder abfliesst. Der Tubus *t* dient zum Nachfüllen von Äther.

Das Spiel des Apparates ist nun folgendes:

Der Ätherdampf steigt aus dem Kölbchen *K* durch das Rohr *a* und Rohr *o* auf, gelangt in den Kühlraum *n*, wird dort kondensiert und tropft durch *o* nach *E*. Ist nun *E* soweit mit Äther gefüllt, dass derselbe die Höhe des Heberrohres *g* erreicht, so fliesst die ganze Äthermenge auf einmal durch das Heberrohr *g* wieder in das Kölbchen *K* zurück, verdampft und beginnt das Spiel von neuem, während die extrahierten Substanzen im Kölbchen zurückbleiben.

Sendtner hat den Apparat etwas umgestaltet; er ist in dieser Form etwas weniger zerbrechlich und auch für Alkohol zu brauchen.[1])

An *a* setzt man dann ein trocken genau gewogenes Kölbchen mit entsprechend viel wasserfreiem Äther an und setzt den Apparat durch Erhitzen des Wasserbades in Gang.

Man extrahiert eine Stunde, nimmt dann das Kölbchen ab, ersetzt es durch ein zweites, trocken gewogenes und mit Äther gefülltes Kölbchen und extrahiert nochmals eine halbe Stunde lang.

Den Äther in dem Kölbchen verdampft man auf dem Wasserbad und trocknet den Rückstand bei 100° C. Gab das zweite Kölbchen noch mehr als 5 mg Zunahme, so hat man ein drittes Mal wieder eine halbe Stunde lang zu extrahieren.

Die Gewichtszunahme sämmtlicher Kölbchen ist gleich dem Fett in 10 g der trockenen Substanz.

2. Dextrose = Traubenzucker. $C_6H_{12}O_6$.

Dextrose

Traubenzucker und alle anderen Zuckerarten werden am Zweckmässigsten bestimmt durch ihr Verhalten zu alkalischer Kupfertartaratlösung (Fehlingsche Lösung), woraus sie beim Kochen Kupferoxydul reduzieren. Die Reduktionswirkung ist, wie Soxhlet[2]) gefunden hat, ab-

---

[1]) Extraktionsapparat nach Soxhlet *M* 3.50.
„ „ Sendtner *M* 2.50.
Kugelkühler *M* 6.— Komplett wie Zeichnung *M* 40.—

[2]) Journal für praktische Chemie. Band XXI. Seite 227.

hängig von der Zuckerart, der Konzentration der Lösungen und der Zeitdauer der Einwirkung.

Für genaue Bestimmungen hat man sich an die von Soxhlet ausgearbeiteten Vorschriften zu halten. Dieselben sind teils mass- teils gewichtsanalytische, die sich nebst den nötigen Tabellen zusammengestellt finden in dem Werkchen von Dr. E. Wein, Tabellen zur quantitativen Bestimmung der Zuckerarten (Stuttgart 1888).

Die alkalische Kupfertartaratlösung, auch Fehlingsche Lösung genannt, bereitet man nach der folgenden Vorschrift:

a) Man löst 34,639 g krystallisiertes, reinstes Kupfersulfat mit destilliertem Wasser zu 500 ccm;

b) 173 g Natriumkaliumtartarat (Seignettesalz) und 50 g Natriumhydrat mit Wasser zu 500 ccm.

Beide Lösungen sind im Dunkeln getrennt aufzubewahren.

Zur Ausführung einer Zuckerbestimmung stellt man sich eine etwa 1 prozentige Zuckerlösung her, und füllt dieselbe in eine Bürette.

In einer Porzellanschale von etwa 150 ccm Inhalt mischt man dann genau

5 ccm Kupfersulfatlösung (a),
5 „ alkalische Seignettesalzlösung (b) und
40 „ destilliertes Wasser,

wodurch man eine tiefblaue Flüssigkeit erhält.

Dieselbe wird zum Kochen erhitzt, worauf man unter stetem Kochen aus der Bürette die Zuckerlösung tropfenweise einfliessen lässt.

Die Dextrose reduziert aus der kochenden Fehlingschen Lösung das Kupferoxyd zu Kupferoxydul welches als roter Niederschlag sich abscheidet, während die blaue

Flüssigkeit sich entfärbt und in dem Augenblick, in welchem alles Kupferoxyd reduziert ist, farblos ist.

In farblosen Flüssigkeiten ist dieser Punkt genau zu erkennen und man hört mit dem weiteren Zusatz von Zuckerlösung auf und notiert die verbrauchte Menge, welche also 10 ccm Fehlingsche Lösung reduzierte. Hat man zu viel Zuckerlösung zugesetzt, so ist die Flüssigkeit in der Schale gelb gefärbt.

Im allgemeinen kann man annehmen, dass 10 ccm Fehlingsche Lösung durch 0,05 g Dextrose reduziert werden, es enthielten also die verbrauchten ccm Zuckerlösung 0,05 g Dextrose.

Genauere Werte erhält man, wenn man einen zweiten Versuch anstellt, wobei man in die kochende Fehlingsche Lösung die im ersten Versuch ermittelte Menge Zuckerlösung bis auf 1 ccm zufliessen lässt, dann genau 2 Minuten kocht, die Farbe der Flüssigkeit nach dem Absitzen des Kupferoxyduls beachtet und dann durch weiteren tropfenweisen Zusatz die Reduktion vollendet.

Zur genauen Ermittlung des Endpunktes, besonders bei gefärbten Flüssigkeiten, filtriert man etwas von der heissen Flüssigkeit durch ein Doppelfilter in ein Reagensglas ab, säuert das klare Filtrat mit Essigsäure an und versetzt mit Kaliumferrocyanid-Lösung, wenn ein brauner Niederschlag entsteht, so ist noch unzersetztes Kupferoxyd in der Flüssigkeit enthalten.

3. Sacharose = Rohrzucker. $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Rohrzucker

Man verwandelt den Rohrzucker, welcher alkalische Kupfertartaratlösung nicht angreift, durch Erhitzen mit verdünnter Salzsäure (Inversion) in Invertzucker, welche sich gegen Fehlingsche Lösung wie Dextrose verhält:

100 ccm einer etwa 1 prozentigen Zuckerlösung werden mit 5 ccm Salzsäure (1 Teil Salzsäure spez. Gew. 1,15; 9 Teile Wasser) versetzt und eine halbe Stunde auf einem kochenden Wasserbad erhitzt, auf 15° C abgekühlt, mit Natriumhydratlösung genau neutralisiert — eher darf die Flüssigkeit schwach sauer bleiben. (Tüpfelprobe auf Lakmuspapier.)

Man füllt mit destilliertem Wasser auf 125 ccm auf und bestimmt den darin enthaltenen Invertzucker durch Titrieren und Berechnen wie unter Dextrosebestimmung beschrieben.

100 g Dextrose = 95 g Rohrzucker.

4. Stärkmehl und Dextrin. $C_5H_{10}O_5$.

Stärkmehl Dextrin

a) Man verkleistert die Substanz durch Aufkochen in Wasser und verwandelt Stärkmehl und Dextrin durch Kochen mit Salzsäure in Dextrose, welche mittelst Fehlingscher Lösung bestimmt wird: (Sachse: Chem. Centralblatt 1877. 732).

Eine ca. 3 g Stärkmehl enthaltende Substanzmenge wird in einem

300 ccm Kolben mit 180 ccm Wasser und
20 ccm Salzsäure vom
spez. Gew. 1,125

übergossen und 3 Stunden in ein lebhaft kochendes Wasserbad eingehängt. Man kühlt dann auf 15° C ab und neutralisiert die Flüssigkeit mit Natronlauge (1 Teil Natriumhydrat, 2 Teile Wasser), deren Wirkungswert für 20 ccm Salzsäure man vorher durch Titrieren feststellte. Die neutralisierte Flüssigkeit wird auf 500 ccm verdünnt und bleibt verschlossen einige Stunden stehen, worauf sie filtriert und gegen Fehlingsche Lösung wie bei Dextrose titriert wird.

100 g Dextrose = 90 g Dextrin
= 93,7 g Stärkmehl.

b) Man verkleistert das Stärkmehl durch Aufkochen in Wasser und löst die Stärke mittelst Diastase (Malzauszug) zu Maltose, welche dann durch Erhitzen mit Salzsäure in Dextrose verwandelt und als solche bestimmt wird.

Vergl. Faulenbach. Zeitschr. f. physiol. Chemie 7. 510.
Märker u. Morgen: Handbuch für Spiritusfabrikation. 4. Auflage. S. 94.
Zipperer: Repertorium anal. Chemie. 1886. 699.

5. Rohfaser. Cellulose = $C_5H_{10}O_5$.

Rohfaser

5 g Substanz werden eine halbe Stunde lang mit 200 ccm Schwefelsäure von 1,25 %, dann mit Wasser, dann wieder mit 200 ccm Natronlauge von 1,25 % und nochmals mit Wasser ausgekocht, auf ein bei 100° C getrocknetes und gewogenes Filter gebracht, zuerst mit heissem Wasser, dann zweimal mit Alkohol und hierauf zweimal mit Äther ausgewaschen und bei 100° C getrocknet. Vom Gewicht ist die noch vorhandene Asche abzuziehen.

Vergl. F. Holdefleiss. Landw. Jahrbücher 1877. Suppl. 103.

Milch und Milchprodukte.

Es handelt sich hier nur um Untersuchung von Kuhmilch.

Physikalische Eigenschaften

Die Milch hat eine weisse oder ins Gelbliche spielende Farbe und einen milden süsslichen Geschmack, ihr Geruch ist unbestimmt, und erinnert an die Hautausdünstung der Kühe.

Chemische Zusammensetzung

Sie ist eine wässerige Lösung von Eiweissstoffen, Milchzucker und Mineralstoffen, in der zahllose klare Fettkügelchen suspendiert sind, welche die Lösung undurchsichtig machen.

(Zusammensetzung s. Tabelle IX, S. 247.)

Veränderungen der Milch.

Melken

Während des Melkens ist die aus den Zitzen abfliessende Milch nicht durchgehends von der gleichen Zusammensetzung, sondern die ersten Teile sind wässeriger, die letzten fettreicher. Gebrochenes Melken verändert daher die Beschaffenheit der Milch ein und desselben Tieres in hohem Grade.

Rahm

Bei ruhigem Stehen der Milch steigen die spezifisch leichteren, suspendierten Fettkügelchen in die Höhe und bilden eine sehr fettreiche Schichte, den Rahm (Sahne, Oberes).

Der Rest der Milch wird dadurch fettärmer, bläulich durchscheinend und heisst entrahmte Milch (Magermilch, Laktoserum). Bei noch längerem Stehen wird die Milch sauer, indem durch Bakterienthätigkeit aus dem Milchzucker Milchsäure gebildet wird. Sowie eine genügende Milchsäuremenge gebildet ist, macht diese einen Teil der Eiweissstoffe (Kaseïn) unlöslich; die Milch gerinnt, d. h. Kaseïn scheidet sich ab, und reisst das Fett mit sich (Quarg, Topfen).

Topfen

Molke

Nach dem Absitzen der geronnenen Masse hat man eine schwach grünliche Lösung von Milchzucker, Milchsäure, Mineralstoffen und dem Rest der Eiweissstoffe; diese Lösung heisst Molke.

In ähnlicher Weise gerinnt die Milch bei Zusatz gewisser Stoffe, z. B. Lab, Kefirknollen — es bleiben jedoch mehr Eiweissstoffe (Peptone) in Lösung.

Kumys

Bei Zusatz von Hefe wird der Milchzucker in Alkohol und Kohlensäure verwandelt, man erhält dann Milchgährungsprodukte (Kumys, Kefir).

Tabelle IX.

Bezeichnung	% Wasser	% Trockensubst.	% Fett	% Eiweissstoffe	% Milchzucker	% Milchsäure	% Mineralstoffe	% Alkohol
Milch	87.29	12.71	3.68	3.67	4.63	0.1	0.73	—
gebrochen gemolken I.	91 50	8.44	1.49	2.14	4 10	—	0.71	—
„ „ II.	88.96	10.98	4 10	2 06	4.06	—	0.76	—
Rahm	65.51	34.49	26.75	3.61	3.52	—	0.61	—
Laktoserum	90.66	9.34	0.74	3.11	4.75	0.2	0.74	—
Quarg	60.27	39.73	7.33	24.84	3.54	1.03	4.02	
Molke mit Säure . . .	93.64	6.36	0.08	1.04	4 42		0.82	—
„ „ Lab . . .	93.69	6.31	0.12	0.59	5.00		0.60	—
Kumys (Stutenmilch) .	92.47	7.53	1.26	1.97	2.48	0.91	0.81	1.84
Kefir	90.09	9.27	1.82	3.42	1.87	1.44	0.72	0.64

Krankheiten Verändert kann die Milch in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften werden durch Krankheiten des Tieres, einzelner Organe oder durch in der Milch selbst entstehende Veränderungen.

Mangelhaftes, wässeriges Futter, starke Bewegung bewirken eine wässerige Milch; Biertreber, Rüben, Kartoffelschlempe, Arzneistoffe geben der Milch oft eigenthümlichen Geruch und Geschmack. Infektionskrankheiten der Kuh übertragen sich oft auf die Milch, ohne dass dieselbe sichtlich verändert wird.

Ferner kann die Milch selbst durch Pilzthätigkeit blaue oder rote Farbe oder kratzenden Geschmack annehmen.

Kälbermilch Stark in der Zusammensetzung verändert ist auch die sog. Kälbermilch (Biestmilch, Colostrum), welche bedeutend spezifisch schwerer ist und bedeutend mehr Eiweiss und Fett enthält, als gewöhnliche Milch.

Verfälschungen Erfahrungsgemäss wird die Milch viel gefälscht, aber nur durch

1. Zugiessen von Wasser,
2. teilweises Entrahmen,
3. teilweises Entrahmen und Zugiessen von Wasser.

Alle anderen Fälschungen gehören zu den Seltenheiten. Den Fälschungen anzureihen ist der Zusatz von Konservierungsmitteln.

Milchkontrolle Die Untersuchung der Milch zerfällt naturgemäss in zwei Abschnitte:

eine polizeiliche an Ort und Stelle,
eine chemische im Laboratorium.

Die erstere fordert einfache, rasch ausführbare und möglichst sichere Methoden ohne Anwendung vieler oder komplizierter Apparate, da sie möglichst oft ausgeführt werden muss, die letztere dient zur exakten Ermittlung der infolge polizeilicher Kontrolle vermuteten Fälschung.

I. Polizeiliche Untersuchung.

Die Voruntersuchung hat vor allem die äusseren Eigenschaften der Milch festzustellen, jede Milch, welche irgend eine abweichende Eigenschaft zeigt, ist zu beschlagnahmen und zu genauerer Untersuchung im Laboratorium zu bringen. Des Weiteren darf überhaupt keine Milch von mit Krankheiten behafteten Tieren in den Handel gebracht werden.

§ 2 der Oberpolizeilichen Vorschrift vom 15. Juli 1887 für das Königreich Bayern lautet:

Das Verkaufen und Feilhalten der Milch von Kühen, welche vor weniger als acht Tagen gekalbt haben (Colostrum, Biestmilch), sowie der Milch von kranken Kühen ist verboten.

Als krank im Sinne des Abs. 1 gelten Kühe, wenn sie an Maul- und Klauenseuche, Milzbrand, Tuberkulose (Perlsucht, Lungensucht), Rauschbrand, Tollwut oder Tollwutverdacht, Gelbsucht, an Krankheiten des Euters, an fauliger Gebärmutterentzündung, an Vergiftung leiden, ferner wenn und solange sie unter Anwendung giftiger oder stark wirkender Mittel in Behandlung stehen.

§ 3: Abgesehen von dem gesetzlichen Verbote des Verkaufs verdorbener, gesundheitsschädlicher oder gefälschter Milch (§ 10 des Reichsgesetzes vom 14. Mai 1879, dann § 367 Abs. 1 Ziff. 7 des Reichsstrafgesetzbuches) ist das Verkaufen und Feilhalten von unreiner, schleimiger, übelschmeckender oder übelriechender, roter oder blaufleckiger Milch, desgleichen von Milch, welcher fremdartige Bestandteile, gleichviel zu welchem Zweck, zugesetzt worden sind, verboten.

Zur Ermittlung der gewöhnlichen Fälschungen bedient man sich der Bestimmung des spezifischen Gewichtes und der annähernden Schätzung des Fettgehaltes, der letzteren jedoch nur in Zweifelfällen.

Spezifisches Gewicht

Die Milch ist schwerer als Wasser, denn sie ist eine Lösung von Eiweiss, Zucker und Salzen. Dagegen ist das Fett, das sie suspendiert enthält, spezifisch leichter als Wasser (bei 15° C 0,920), der Fettgehalt vermindert daher das spezifische Gewicht, drückt es aber nie unter eine gewisse Grenze herab.

Man hat gefunden, dass das spezifische Gewicht der Marktmilch, bei 15° C gemessen, nur zwischen 1,029 und 1,034 schwankt.

Unter Marktmilch versteht man hiebei die Milch, wie sie aus einer oder mehreren Stallungen gemischt auf den Markt kommt, also Mischmilch von mehreren Kühen.

Die Milch eines einzelnen Tieres ist als physiologisches Objekt weiten Schwankungen unterworfen, die Unterschiede verwischen sich aber, wenn die Milch verschiedener Tiere gemischt wird.

Wasserzusatz

Durch Zusatz von Wasser, also eines spezifisch leichteren Stoffes wird die Milch spezifisch leichter, ihr spezifisches Gewicht sinkt unter 1,029 und zwar um so weiter, je grösser der Wasserzusatz ist.

Fettentzug

Durch Entzug von Fett, also eines spezifisch leichteren Körpers, wird die Milch spezifisch schwerer, Fettentzüge bis zu 2 % der Milch sind aber oft auf diesem Wege nicht nachzuweisen, da das spezifische Gewicht entrahmter Milch nicht immer 1,034 überschreitet.

Kombinierte Fälschung

Durch Verbindung beider Fälschungen gelingt es, das spezifische Gewicht in den normalen Grenzen zu halten. In beiden letzteren Fällen muss daher eine Fettbestimmung die Bestimmung des spezifischen Gewichtes unterstützen.

Laktodensimeter

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Milch bedient man sich bei der Marktkontrolle der Senkwage von Quevenne (Laktodensimeter nach Quevenne).

Quevennesche Grade

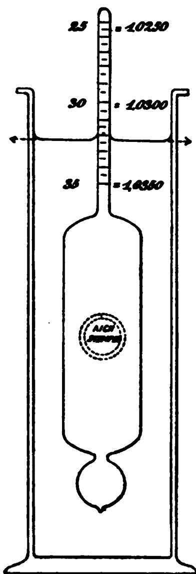
Dieses Instrument giebt das spezifische Gewicht der Milch an und zwar sind die zweite und dritte Dezimale auf der Spindel als Grade aufgetragen, es bedeuten daher z. B. 32 Grad Quevenne das spezifische Gewicht 1,032.

In Bayern dürfen gemäss § 4 der erwähnten Verordnung nur mehr amtlich geprüfte Laktodensimeter von Glas nach Soxhlet mit einem Gradabstand von 8 mm zur amtlichen Milchkontrolle benutzt werden. Die Instrumente umfassen die Grade 24—38

(1,024—1,038) gegenüber der Skala 15—50 bei den Quevenneschen Laktodensimetern, und müssen vorgeschriebene Dimensionen besitzen.*).

Zur Ausführung der Messung mischt man die Milch gut durch, was durch mehrmaliges Umschütten in ein zweites Gefäss oder durch Umrühren geschieht, und giesst dann die Milch, indem man sie zur Vermeidung von Schaumbildung langsam an den Wandungen des Cylinders herabfliessen lässt, bis an die Marke in den Cylinder ein.

Fig. 78.



Man misst nun

1. die Temperatur der Milch, indem man ein kleines Schwimmthermometer in die Milch einsenkt und wartet, bis dasselbe seinen Stand nicht mehr verändert, worauf man die Temperatur abliest und notiert.

2. Man nimmt dann das Thermometer heraus, senkt das völlig trockene Laktodensimeter langsam ein und wartet, bis dasselbe, ohne dass es bedeutendere Schwankungen macht, ruhig einsteht. Man bringt das Auge in gleiche Höhe mit dem Spiegel der Milch und liest dann dessen, wegen des Meniskus nicht sichtbaren Schnittpunkt mit der Spindel ab. Niemals darf man bei Glasdensimetern den oberen Rand des Meniskus ablesen. **Ablesung**

Man macht dann zur Kontrolle eine zweite Thermometer- und Densimeterablesung. Die Instrumente sind sofort nach dem Gebrauch mit Wasser zu reinigen und gut abzutrocknen.

---

*) Laktodensimeter nach Soxhlet geaicht . *M.* 5.50.
Schwimmthermometer . . . . „ 1.50.
Senkcylinder . . . . „ 2.—.

Die Ablesung des spezifischen Gewichtes ist aber nur richtig, wenn die Temperatur genau 15° C war. War dies nicht der Fall, so muss die Ablesung korrigiert werden. Hiezu benützt man Korrektionstabellen oder einfacher folgende Umrechnung:

Für je 1° C über 15° C addiert man 0,2° Quevenne,
für je 1° C unter 15° C subtrahiert man 0,2° Quevenne.

Es ist zu beachten, dass das spezifische Gewicht der Milch beim Stehen um 1—1,5° Quevenne zunimmt und erst nach 24 Stunden oder nach 2—3 stündigem Stehen auf Eis konstant wird.

Es soll daher das spezifische Gewicht einer beanstandeten oder Stallprobenmilch nach 3 stündigem Stehen über Eis und Wiedererwärmung auf 15° C nochmals kontrolliert werden.

Fett Zur marktpolizeilichen Schätzung des Fettgehaltes benützte man hauptsächlich optische Methoden, welche aber wegen ihres unrichtigen Prinzips, des verschiedenen Sehvermögens der Beobachter, der verschiedenen Beleuchtung unrichtige Werte geben müssen, so dass selbst bei den besten dieser Instrumente noch Fehler bis 0,5% gegen die Gewichtsanalyse vorkommen, was 12—16% des gesammten Fettgehaltes entspricht. Noch viel ungenauer sind Instrumente, welche eine Messung des Rahmes bezwecken. (Kremometer.)

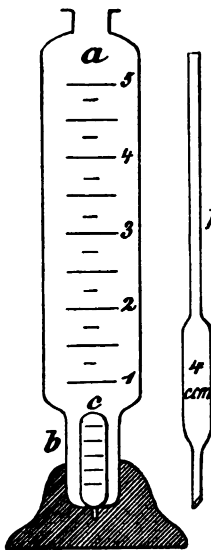
Laktoskop Da aber für eine richtige Marktkontrolle manchmal die Ermittlung des Fettgehaltes nötig ist, hat man das einfachste der optischen Milchprüfungsinstrumente, das Laktoskop von Feser*), angenommen. Dasselbe beruht auf dem Prinzip, dass die Milch um so undurchsichtiger ist, je mehr Fett sie enthält; je fettreicher die Milch also ist, desto mehr Wasser muss man zusetzen, um sie durchsichtig zu machen.

---

*) Preis 6 ℳ.

Das Laktoskop (Fig. 79) besteht aus einer 3 cm weiten, 17 cm langen Glasröhre *a*, welche unten in eine 2,3 cm weite, 5 cm lange, unten zugeschmolzene Glasröhre *b* verjüngt ist. Im Innern dieses engeren Glasrohres *b* ist ein Milchglascylinder *c* befestigt, auf dem 6 schwarze Querstriche angebracht sind. Am weiten Glasrohr *a* befindet sich eine Skala, welche direkt Fettprozente angiebt.

Fig. 79.



Man lässt mittelst einer beigegebenen Pipette *p* 4 ccm der gründlich gemischten Milch in das Laktoskop fliessen; die schwarzen Striche am Milchglascylinder sind dann unsichtbar. Nun setzt man nach und nach so lange Wasser zu, bis nach stets wiederholtem Umschütteln die schwarzen Striche eben sichtbar und zu zählen sind. Das Instrument ist hiebei gegen eine helle Wand zu halten.

Der Stand des Wassers giebt dann die Prozente Fett in der Milch direkt an.

Stallprobe

Zweckmässig ist es, bei Beanstandung einer Milchprobe, wenn möglich, am andern oder übernächsten Tag eine Stallprobe auszuführen, d. h. die Tiere zur gleichen Melkzeit unter amtlicher Aufsicht zu melken und diese Mischmilch zu untersuchen.

II. Chemische Untersuchung.

Die chemische Untersuchung zum Zwecke der Milchkontrolle hat festzustellen:

1. das spezifische Gewicht mittelst eines geaichten Laktodensimeters oder der Westphalschen Wage;
2. den genauen Fettgehalt;
3. den Gehalt an Trockensubstanz.

Bestimmung des Fettes.

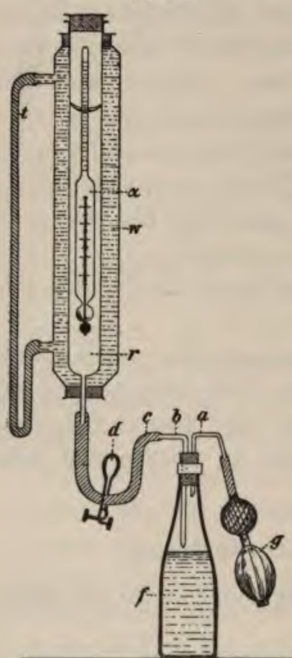
Fett

Aräometrische Methode

Zur Bestimmung des Fettgehaltes bedient man sich der Gewichtsanalyse oder der einfacher ausführbaren, ebenso genauen aräometrischen Methode von Soxhlet. Das Prinzip der letzteren ist folgendes: Alkalisch gemachte Milch giebt beim Schütteln mit Äther alles Fett an denselben ab, in der Milch bleibt etwas Äther, aber kein Fett gelöst. Das spezifische Gewicht der abgeschiedenen Ätherfettlösung lässt dann den Fettgehalt der Milch aus einer ein für allemal ermittelten Tabelle entnehmen.

Die Methode benötigt einen eigenen, von J. Greiner in München zu beziehenden Apparat*), ferner

Fig. 80.



Kalilauge vom spezifischen Gewicht 1,26—1,27 (400 g Ätzkali zu 1 Liter gelöst);

Äther wassergesättigt; durch Schütteln des käuflichen Äthers mit Wasser und Absitzenlassen zu erhalten.

Zur Ausführung bringt man die Milch und die Reagentien auf 17—18° C Temperatur, misst mittelst Pipette 200 ccm Milch ab und lässt in die Schüttelflasche *f* laufen. Dann setzt man 10 ccm Kalilauge zu, schüttelt gut durch, und fügt 60 ccm wassergesättigten Äther zu. Man schüttelt nun 1/2 Minute wieder kräftig durch, setzt die Flasche in ein Gefäss mit Wasser von etwa 17,5° C und schüttelt sie 1/4 Stunde lang von 1/2 zu 1/2 Minute sanft, indem man leichte senkrechte Stösse macht.

*) Preis 40 ℳ (mit Aräometer für Magermilch 50 ℳ).

Nun lässt man ruhig stehen (oder zentrifugiert, falls eine Maschine vorhanden), bis eine genügende Menge Ätherfettlösung abgeschieden ist.

Diese Lösung muss nun in den Senkcylinder *r* des Apparates gepumpt werden. Derselbe ist mit einem Kühler *w* umgeben, der mittelst des Schlauches *t* mit Wasser von möglichst 17,5° C Temperatur gefüllt wird. In den Senkcylinder bringt man das Aräometer *a*, welches die Grade 66—43 oder 43—21, entsprechend den spezifischen Gewichten 0,766—0,743 oder 0,743—0,721, und im Schwimmkörper ein in 1/5° C geteiltes Thermometer trägt, und setzt lose einen Kork auf die Röhre *r* auf.

Man vertauscht dann den Pfropfen der Schüttelflasche mit einem doppeltdurchbohrten Pfropf, durch den zwei Glasröhren *a* und *b* gehen. Die längere derselben *b* stellt man so ein, dass sie von der Scheidelinie von Milch und Ätherfettlösung höchstens 1 mm entfernt ist, sie verbindet mittelst eines Gummischlauches *c* mit Quetschhahn *d* die Schüttelflasche *f* mit dem Aräometersenkcylinder *r*.

Das kürzere Glasrohr *a* schneidet nahe unter dem Pfropf ab und führt zu einem Kautschukgebläse *g*. Man öffnet den Quetschhahn *d* und presst durch Druck auf das Gebläse *g* so viel Ätherfettlösung in den Senkcylinder *r*, dass das Aräometer *a* schwimmt und schliesst dann den Quetschhahn *d*.

Man wartet nun 5 Minuten, bis die Temperatur völlig ausgeglichen ist und liest dann den Stand des Aräometers und des Thermometers genau ab. Das Aräometer muss hiebei völlig frei schwimmen, abzulesen ist am untersten Rand des Meniskus (also wie bei Büretten).

Ist die Temperatur genau 17,5° C, so ist die Ablesung ohne weiteres richtig; ist die Temperatur höher als 17,5° C, so ist für je 0,1° C mehr 0,1 zur Ablesung zu addieren;

ist die Temperatur niedriger als 17,5° C, so ist für je 0,1° C weniger 0,1 von der Ablesung zu subtrahieren, z. B.:

abgelesen 51,9 bei 16,3° C, giebt (17,5 —16,3) = 12 × 0,1 zu subtrahieren, also 51,9 —1,2 = 50,7 bei 17.5° C, oder

abgelesen 46,8° bei 18.5° giebt korrigiert
46,8 + (18,5 — 17,5) = 46,8 + 1,0 = 47,8°.

Dann schlägt man die für 17,5° C abgelesene oder korrigierte Zahl in der Tabelle X auf und findet direkt Gewichtsprozente Fett in der Milch.

Zur Reinigung des Apparates lüftet man den Kork der Schüttelflasche und den des Senkcylinders und lässt die Fettlösung abfliessen. Dann füllt man den Senkcylinder mit gewöhnlichem Äther, lässt ihn ablaufen und bläst nun mittelst des Gebläses Luft durch den Apparat. Nach Verjagung allen Äthers ist der Apparat für eine neue Bestimmung vorgerichtet.

Bei Magermilch mit unter 1 % Fett sind den 200 ccm Milch 25 Tropfen einer Seifenlösung zuzusetzen, die durch Erwärmen von 15 g Stearin mit 25 ccm Alkohol und 10 ccm der Kalilauge von 1,27 spezifischem Gewicht im Wasserbad und Auflösen der Seife in Wasser zu 100 ccm gewonnen wird. Alles Übrige bleibt sich dann gleich.

Tabelle X

Tabelle nach Soxhlet,

den Fettgehalt der Milch in Gewichtsprozenten nach dem spez. Gewicht der Ätherfettlösung bei 17,5° C angebend.

Grad	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
21	—	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
22	0.9	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18
23	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.25	0.26	0.27
24	0.28	0.29	0.30	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36
25	0.37	0.38	0.39	0.40	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45
26	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54
27	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.60	0.61	0.62	0.63
28	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73
29	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.80	0.81	0.82
30	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.88	0.89	0.90	0.91
31	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00
32	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09
33	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.15	1.16	1.17	1.18
34	1.19	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24	1.24	1.25	1.26	1.27
35	1.28	1.29	1.30	1.31	1.32	1.33	1.33	1.34	1.35	1.36
36	1.37	1.38	1.39	1.40	1.41	1.42	1.43	1.44	1.45	1.46
37	1.47	1.48	1.49	1.50	1.51	1.52	1.53	1.54	1.55	1.56
38	1.57	1.58	1.59	1.60	1.61	1.62	1.63	1.64	1.65	1.66
39	1.67	1.68	1.69	1.70	1.71	1.72	1.73	1.74	1.75	1.76
40	1.77	1.78	1.79	1.80	1.81	1.82	1.83	1.84	1.85	1.86
41	1.87	1.88	1.89	1.90	1.91	1.92	1.93	1.94	1.95	1.96
42	1.97	1.98	1.99	2.00	2.01	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06
43	2.07	2.08	2.09	2.10	2.11	2.12	2.13	2.14	2.16	2.17
44	2.18	2.19	2.20	2.22	2.23	2.24	2.25	2.26	2.27	2.28
45	2.30	2.31	2.32	2.33	2.34	2.35	2.36	2.37	2.38	2.39
46	2.40	2.42	2.43	2.44	2.45	2.46	2.47	2.49	2.50	2.51
47	2.52	2.54	2.55	2.56	2.57	2.58	2.60	2.61	2.62	2.63
48	2.64	2.66	2.67	2.68	2.70	2.71	2.72	2.72	2.74	2.75
49	2.76	2.77	2.78	2.79	2.80	2.81	2.83	2.84	2.86	2.87

Grad	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
50	2.88	2.90	2.91	2.92	2.93	2.94	2.96	2.97	2.98	2.99
51	3.00	3.01	3.03	3.04	3.05	3.06	3.08	3.09	3.10	3.11
52	3.12	3.14	3.15	3.16	3.17	3.18	3.20	3.21	3.22	3.23
53	3.25	3.26	3.27	3.28	3.29	3.30	3.31	3.33	3.34	3.35
54	3.37	3.38	3.39	3.40	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47	3.48
55	3.49	3.51	3.52	3.53	3.55	3.56	3.57	3.59	3.60	3.61
56	3.63	3.64	3.65	3.67	3.68	3.69	3.71	3.72	3.73	3.74
57	3.75	3.76	3.78	3.80	3.81	3.82	3.84	3.85	3.87	3.88
58	3.90	3.91	3.92	3.93	3.95	3.96	3.98	3.99	4.01	4.02
59	4.03	4.04	4.06	4.07	4.09	4.11	4.12	4.14	4.15	4.16
60	4.18	4.19	4.20	4.21	4.23	4.24	4.26	4.27	4.29	4.30
61	4.32	4.33	4.35	4.36	4.37	4.39	4.40	4.42	4.44	4.46
62	4.47	4.48	4.50	4.52	4.53	4.55	4.56	4.58	4.59	4.61
63	4.63	4.64	4.66	4.67	4.69	4.70	4.71	4.73	4.75	4.77
64	4.79	4.80	4.82	4.84	4.85	4.87	4.88	4.90	4.92	4.93
65	4.95	4.97	4.98	5.00	5.02	5.04	5.05	5.07	5.09	5.11
66	5.12	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Bestimmung der Trockensubstanz.

Trockensubstanz

Wenn spezifisches Gewicht und Fett einer Milch genau bestimmt sind, so lässt sich die Trockensubstanz mit ziemlicher Sicherheit berechnen.

Bezeichnet man mit

q die Grade Quevenne des spezifischen Gewichtes bei 15° C,

f die Gewichtsprozente Fett nach Soxhlet,

so ist nach Hallenke und Möslinger die Trockensubstanz

$$t = \left(\frac{q}{5} + f\right) \times \frac{10}{8}\ \%; \text{ z. B.:}$$

spezifisches Gewicht einer Milch bei 15° C. 1,0323,

also $q = 32,3$, Fettgehalt = 3,50 %,

„ $f = 3,50$, dann ist

$$t = \left(\frac{32{,}3}{5} + 3{,}50\right) \times \frac{10}{8}$$
$$= \left(6{,}46 + 3{,}50\right) \times \frac{10}{8}$$
$$= 12{,}45\ \%.$$

Auf Grund dieser Formel ist die nachfolgende Tabelle berechnet, aus welcher bei bekanntem spezifischen Gewicht und Fettgehalt einer Milch deren Gehalt an Trockensubstanz direkt entnommen werden kann.

Tabelle XI.

Tabelle zur Ermittlung des Trockensubstanzgehaltes der Milch aus spezifischem Gewicht und Fett.

(Nach der Formel von Hallenke und Möslinger berechnet von H. Trillich.)

Fett %	Grade Quevenne						
	28	29	30	31	32	33	34
2.5	10.1	10.4	10.6	10.9	11.1	11.4	11.6
6	10.25	10.5	10.75	11.0	11.25	11.5	11.75
7	10.4	10.6	10.9	11.1	11.4	11.6	11.9
8	10.5	10.75	11.0	11.25	11.5	11.75	12.0
9	10.6	10.9	11.1	11.4	11.6	11.9	12.1
3.0	10.75	11.0	11.25	11.5	11.75	12.0	12.25
1	10.9	11.1	11.4	11.6	11.9	12.1	12.4
2	11.0	11.25	11.5	11.75	12.0	12.25	12.5
3	11.1	11.4	11.6	11.9	12.1	12.4	12.6
4	11.25	11.5	11.75	12.0	12.25	12.5	12.75
5	11.4	11.6	11.9	12.1	12.4	12.6	12.9
6	11.5	11.75	12.0	12.25	12.5	12.75	13.0
7	11.6	11.9	12.1	12.4	12.6	12.9	13.1
8	11.75	12.0	12.25	12.5	12.75	13.0	13.25
9	11.9	12.1	12.4	12.6	12.9	13.1	13.4
4.0	12.0	12.25	12.5	12.75	13.0	13.25	13.5
1	12.1	12.3	12.6	12.8	13.1	13.4	13.6
2	12.25	12.5	12 75	13.0	13.25	13.5	13.75
3	12.4	12.6	12.9	13.1	13.4	13.6	13.9
4	12.5	12.75	13.0	13.25	13.5	13.75	14.0
5	12.6	12.9	13.1	13.4	13.6	13.9	14.1

Die chemische Untersuchung der Milch kann auch auf gewichtsanalytischem Wege vorgenommen werden, insbesondere ist in Zweifelfällen die Trockensubstanz direkt zu bestimmen.

Trockensubstanz

1. Trockensubstanz. 10 g der gut durchmischten Milch werden auf einer Analysenwage genau in eine vorher gut getrocknete und gewogene Platinschale abgewogen, auf dem Wasserbad zur Trockne verdampft, im Trockenschrank bei 100° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet (2 Std.) und nach dem Erkalten im Schwefelsäureexsikator gewogen.

Asche

Die erhaltene Trockensubstanz wird behufs Bestimmung der Mineralstoffe über einer kleinen Flamme verascht und völlig weiss gebrannt.

Fett

2. Fett. In ein Hofmeister'sches Glasschälchen werden ca. 10 g geglühter Sand, Bimsstein, Gips oder Asbest gegeben und ca. 10 g Milch genau eingewogen, mittelst eines Glasstabes gut verteilt und auf dem Wasserbad eingetrocknet.

Das Schälchen mit Inhalt wird dann staubfein verrieben, in die Patrone des Soxhletschen Apparates gebracht und mit Äther bis zur völligen Erschöpfung extrahiert (mindestens 5 Stunden). Die Weiterbehandlung siehe Seite 241.

Zum Aufsaugen der Milch lässt sich mit Vorteil ein von der Firma Schleicher & Schüll in Düren geliefertes fettfreies Papier verwenden.

Stickstoffsubstanzen

3. Stickstoffsubstanzen. 10 ccm Milch werden in einem Kölbchen möglichst zur Trockne verdampft und dann nach den Vorschriften auf Seite 239 weiter behandelt[1]).

Milchzucker

4. Milchzucker. Die Bestimmung erfolgt gewichtsanalytisch nach Soxhlet[2]).

[1]) Siehe auch E. Pfeiffer: Die Analyse der Milch. Wiesbaden 1887.

[2]) Siehe E. Wein: Tabellen zur quantitativen Bestimmung der Zuckerarten. Stuttgart 1888. S. 9.

5. Milchsäure. 50 ccm Milch werden mit 2 ccm Phenolphtaleïnlösung versetzt und mit $^1/_{10}$ Normalnatronlauge titriert, bis deutliche bleibende Rötung eintritt. Milchsäure

Der Verbrauch an Natronlauge wird auf Milchsäure berechnet, 1 ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlauge = 0,009 g Milchsäure.

6. Fremde Zusätze. Zur Prüfung auf Mehlzusatz versetzt man 10 ccm Milch mit 1 ccm Jodlösung, falls eine Bläuung eintritt, ist Mehl vorhanden. Die weitere Untersuchung erfolgt dann mikroskopisch. (Artikel „Mehl".) Fremde Zusätze

Zur Prüfung auf Natriumkarbonat und Natriumbikarbonat, welche der Milch zur Verhinderung der Säuerung zugesetzt werden, versetzt man 10 ccm Milch mit 10 ccm neutralem Alkohol und 1 ccm Rosolsäurelösung. Eine eintretende Rotfärbung beweist die Gegenwart von Soda oder doppelkohlensaurem Natron.

Zur Prüfung auf Salicylsäure wird Fett und Eiweiss kalt mit Schwefelsäure gefällt und abfiltriert. Das Filtrat wird wie unter „Bier" angegeben, weiter behandelt.

Zur Prüfung auf Borsäure verdampft man 50 ccm Milch unter Zusatz von Natriumkarbonatlösung zur Trockne, verascht, löst die Asche in wenig Salzsäure und legt in die Lösung einen Streifen Kurkumapapier. War Borsäure vorhanden, so färbt sich der letztere beim Eintrocknen rot und wird in Berührung mit Ammoniakdämpfen blau.

Geronnene Milch kann mit Sicherheit noch auf einen Wasserzusatz untersucht werden. Man schüttelt die Milch kräftig durcheinander und filtriert das Serum (Molken) vom Quarg ab.

Das spezifische Gewicht des Serums schwankt bei reiner Milch von 1,027 — 1,032 bei 15° C, es wird mittelst des Laktodensimeters oder der Westphalschen

Wage bestimmt. Ein spezifisches Gewicht unter 1,027 beweist einen stattgehabten Wasserzusatz.

Vergl. Radulescu: Hilger, Mitteil. aus dem pharmaz. Inst. u. Laborat. f. angewandte Chemie. Erlangen. 1890. III. 98.

Schmutz und Kuhexkremente. Renk (Münchener medizin. Wochenschrift 1891. 6 u. 7) lässt 1 Liter Milch 2 Stunden lang ruhig in einem hohen, schmalen Glasgefäss (Messcylinder) stehen, hebert die Milch bis auf ca. 30 ccm ab, giesst wieder bis auf 1000 ccm Wasser zu, hebert nach 2 Stunden wieder ab u. s. w. bis der Schmutz sich im Wasser befindet.

Dann filtriert man durch ein gewogenes getrocknetes Filter ab, trocknet bei 100° C und wägt die Trockensubstanz.

100 Teile Trockensubstanz entsprechen 500 Teilen frischer feuchter Kotmasse.

Beurteilung der Milch.

Beurteilung der Milch

Als für den Verkauf unzulässig, weil als verdorben, ekelerregend oder gesundheitsschädlich zu erachten, ist Milch, welche die auf Seite 249 genannten anormalen Eigenschaften besitzt oder von kranken Tieren stammt.

Gewässert ist eine Milch, wenn sie ein spezifisches Gewicht unter 1,029 hat und eine sofort vorgenommene Stallprobe nicht eine gleich niedere Zahl giebt.

Zur annähernden Berechnung des Wasserzusatzes geht man von dem fettfreien Trockensubstanzgehalt der Milch aus, der bei normaler Milch mindestens 9 % beträgt, und weniger Schwankungen unterworfen ist, als die Gesamttrockensubstanz.

Die genaue Berechnung des Wasserzusatzes, ebenso die der Entrahmung ist nur möglich, wenn auch eine Analyse der Stallprobenmilch ausgeführt wird.

Die Berechnung einer kombinierten Fälschung erfolgt nach Formeln von Recknagel*).

*) Bericht über die VI. Versammlung bayerischer Vertreter der angewandten Chemie. 1887.

Der Wasserzusatz zur Milch ist häufig direkt nachweisbar, wenn nämlich das Wasser salpetersaure Salze enthielt, die in der Milch gänzlich fehlen. Man koaguliert die Milch durch Zusatz von konzentrierter Calciumchloridlösung und prüft das Filtrat gegen eine Lösung von Diphenylamin in konzentrierter Schwefelsäure. (Seite 96.) Ein negativer Ausfall der Probe ist jedoch nicht beweisend für die Abwesenheit von Wasser, falls das zugesetzte Wasser keine salpetersauren Salze enthielt, was aber nur selten der Fall sein dürfte.

Als gefälscht und unter Umständen gesundheitsschädlich ist ferner Milch zu erachten, welche Konservierungsmittel zugesetzt erhielt oder deren Säuerung durch Alkalien abgestumpft wurde.

Untersuchung der Milchprodukte.

Rahm, abgerahmte Milch, Topfen und Molken werden in derselben Weise gewichtsanalytisch wie Milch untersucht.

In neuerer Zeit hat man versucht, die Milch zu konservieren und benützt hiezu zwei Systeme, indem man die Milch in Vakkuumpfannen teils mit (konservierte M.), teils ohne (präservierte M.) Rohrzucker eindampft.

Die Untersuchung dieser Konserven wird nach vier- bis fünffacher Verdünnung mit Wasser wie die der Milch ausgeführt; ebenso die der Milchgährungsprodukte.

Weitaus grössere Bedeutung als die bisher genannten Milchprodukte besitzen Butter und Käse.

Butter und Schmalz.

Unter Butter versteht man das aus Kuhmilch mittelst mechanischer Operationen gewonnene Fett, das noch geringe Mengen der anderen Milchbestandteile, also Wasser, Milchzucker, Milchsäure, Eiweissstoffe und Mineralstoffe enthält. **Butter**

Ihre Zusammensetzung ist im Mittel:

87,0	%	Fett
11,7	„	Wasser
0,5	„	Kaseïn
0,5	„	Milchzucker + Milchsäure
0,3	„	Mineralstoffe.

Butter ist eine weisslichgelbe bis gelbe, gleichförmige Masse von weicher Konsistenz und eigentümlichem, angenehmem Geruch und Geschmack.

Schmalz

Unter Schmalz versteht man in Bayern das aus Butter durch Schmelzen und Entwässern rein dargestellte Milchfett.

Veränderungen

Butter ist ein guter Nährboden für Pilze, bei Unreinlichkeit oder fehlerhafter Aufbewahrung wird daher Butter von Buttersäurebakterien und Schimmelpilzen durchsetzt und erhält dadurch anormale Beschaffenheit. (Dunkle Flecken, Buttersäure-, Butteräthergeruch, ranzigen Geschmack.)

Dem Einfluss von Licht und Luft ausgesetzt, werden Butter und Schmalz ranzig, d. h. das Fett oxydiert sich und bekommt eine weisse Farbe und einen talgähnlichen, kratzenden Geruch und Geschmack.

Bei zu starkem Erhitzen bräunt sich das Fett und bekommt ebenfalls einen ranzigen Geschmack.

Gesundheitsschädlich ist irgend veränderte Butter oder anormales Schmalz nicht, kann aber ekelerregend wirken und ist daher als verdorben und für den menschlichen Genuss unbrauchbar zu erklären.

Verfälschungen

Butter wird verfälscht:

a) durch Einmengen von Wasser und Salz im Übermass, oder durch Einmengen von Topfen

b) durch Einmengung fremder, minderwertiger Fette.

Schmalz wird nur auf letzterem Wege gefälscht.

Die Gelbfärbung von Schmalz und Butter, die meist mit unschädlichen, pflanzlichen Farbstoffen (Orlean oder Annato) ausgeführt wird, ist als Unsitte, nicht aber als Fälschung zu erachten.

Kunstbutter

Zur Fälschung von Schmalz dienen Rinds-, Schweinefett und Pflanzenfette, wie Kokosnussbutter, Baumwollsamenöl etc.; zur Fälschung der Butter müssen diese Stoffe erst mit Wasser geknetet werden, um ihnen ein

butterähnliches Aussehen zu verleihen. Es hat sich zum Ersatz von Butter auf diesem Wege ein eigener Industriezweig entwickelt, die Fabrikation der Kunstbutter (Margarine, Butterine).

Gut gereinigtes, geschmolzenes Rindsfett (Premier jus, Margarin) wird durch Erstarrenlassen bei 35° und Pressen von dem schwer schmelzbaren Stearin befreit und das gewonnene Oleomargarin mit saurer Milch, Farbstoff und Öl verbuttert.

Eine umfassende Darstellung bietet die Arbeit von E. Sell: Über Kunstbutter. Ihre Herstellung, sanitäre Beurteilung und die Mittel zu ihrer Unterscheidung von Milchbutter. Arbeiten a. d. kais. Gesundheitsamt 1886. 1. Band, 481.

Der Handel mit Kunstbutter ist geregelt durch das Reichsgesetz vom 12. Juni 1887, wonach nach § 2 die Mischung von Naturbutter mit Kunstbutter verboten ist (letztere darf nur bis 4 % Milchfett enthalten) und ferner die Kunstbutter in Gefässe und Formen mit der deutlichen Bezeichnung „Margarine" verpackt sein muss (§ 3). **Gesetz vom 12. Juni 1887**

Die Untersuchung der Butter erstreckt sich auf die Bestimmung von Wasser und Mineralstoffen und Prüfung auf fremde Fette, die Untersuchung des Schmalzes lediglich auf letztere. **Untersuchung**

Wasser

W a s s e r. Man bringt in eine Platinschale 5 g geglühten, faserigen Asbest und einen Glasstab, trocknet bei 100° und wägt. Man wägt nun 10 g Butter genau in die Schale, schmilzt auf dem Wasserbad, verteilt das Fett gut auf dem Asbest und trocknet bei 100° C bis zur Gewichtskonstanz.

Nach Birnbaum (Die Prüfung der Nahrungsmittel u. s. w. Karlsruhe. 1883.) verwendet man zur Bestimmung des Wassergehaltes geteilte Glasröhren, die an dem einen Ende rund zugeschmolzen sind, etwa 30 ccm fassen und vom zugeschmolzenen Ende her 100 gleiche Teile aufgetragen enthalten. Die Einführung der Butter geschieht durch einen kleinen Blechtrichter mit 10 mm weitem Hals, der in die Röhre gesteckt wird, worauf man

die Butter in Striemen teilt, auf die Trichterebene legt und letztere von aussen mit einer kleinen Flamme erwärmt, dass die Butter eben und ohne Wasserverlust schmilzt und in die Röhre fliesst, welche man so bis zum Teilstrich 100 anfüllt.

Man stellt die Röhre nun in ein hohes Wasserbad mit kochend heiss eingefülltem Wasser, bis die Butter geschmolzen ist und befördert durch wiederholtes sanftes Aufstossen und Quirlen der Röhre die Abscheidung des Fettes von der Buttermilch.

Ist diese Trennung vollständig, so nimmt man die Röhre aus dem Wasserbad, lässt sie erkalten auf etwa 15° C und liest direkt den Gehalt an Nichtfett in Prozenten ab.

(Zur Reinigung dieser Röhre, wie überhaupt fetthaltiger Gläser sei bemerkt, dass man den Inhalt wieder durch Eintauchen in heisses Wasser schmilzt, ausgiesst und nun die Röhre wiederholt mit einer etwa 50° C warmen Sodalösung oder Fettlaugenmehllösung, endlich mit Wasser ausspült, bis dasselbe glatt abläuft, ohne Tropfen stehen zu lassen.)

Mineralstoffe

Mineralstoffe. 10 g Butter werden in einem Porzellantiegel abgewogen und geschmolzen, der grösste Teil des Fettes wird durch Abfiltrieren durch ein Filter ohne Asche und Auswaschen mit Äther entfernt, das Filter in den Tiegel zurückgegeben, der Rückstand weissgebrannt und mit dem Tiegel wieder gewogen.

Fremde Fette

Fremde Fette. Man stellt sich vor allem das reine Fett her, indem man die Butter oder das Schmalz schmilzt und das Fett bei etwa 60° C klar vom Rückstand abfiltriert.

Milchfett besteht aus einem veränderlichen Gemenge von Triglyceriden verschiedener Fettsäuren, wovon die Hauptmenge (83—90 %) die Glyceride der Stearin-, Palmitin- und Ölsäure ausmachen, den Rest bilden die Glyceride der sog. flüchtigen Fettsäuren (Butter-, Capron-, Capryl- und Caprinsäure).

Bei allen anderen tierischen oder den pflanzlichen Fetten treten die Glyceride der flüchtigen Fettsäuren an Menge zurück (5 %), Milchfett ist sonach durch einen hohen Gehalt an gebundenen flüchtigen Säuren charakterisiert.

Es bietet daher die Bestimmung der flüchtigen Fett-

säuren das sicherste Mittel zur Erkennung von Verfälschungen des Milchfettes.

Reichert-Meisslsche Methode

Man bedient sich hiezu der Reichert-Meisslschen Methode, wonach aus 5 g Fett unter stets gleichen Verhältnissen die flüchtigen Säuren abdestilliert und titriert werden und als Meisslsche Zahl zum Ausdruck gelangen.

Nach den Vorschriften von Dr. R. Sendtner (Archiv für Hygiene, Bd. VIII. S. 424) wird das Fett bei 60° geschmolzen, filtriert und gut gemischt. Man wägt nun mittelst einer Pipette genau 5 g des geschmolzenen Fettes in einen Kolben von 300 ccm Inhalt ab, setzt den Kolben auf ein kochendes Wasserbad, giebt 10 ccm alkoholische Kalilauge zu (20 g Kaliumhydrat in 100 ccm Alkohol von 70 Vol.-% gelöst), lässt verseifen und verjagt den Rest des Alkohols durch Einblasen von Luft mittelst eines Gummigebläses. Wenn die Seife von Alkohol befreit, (nahezu trocken) ist, so werden 100 ccm destilliertes Wasser in den Kolben gegeben und die Seife darin gelöst, wozu der Kolben auf dem schwachgeheizten Wasserbad stehen bleibt.

Die klare Seifenlösung wird rasch abgekühlt, mit 40 ccm einer verdünnten Schwefelsäure (1 vol. Schwefelsäure, 10 vol. Wasser) und zur Vermeidung des Stossens beim Kochen mit einigen Bimssteinstückchen versetzt. Durch den Zusatz von Schwefelsäure wird die Seife zersetzt, es scheiden sich die Fettsäuren ab und trüben die erst klare Lösung milchig.

Man destilliert nun unter Anwendung eines mindestens 50 cm langen Liebigschen Glaskühlers genau 110 ccm aus dem Kolben ab, mischt das Destillat gut durch und filtriert es durch ein trockenes Faltenfilter, um es von etwa mit überdestillierten festen Fettsäuren zu befreien. Man misst nun 100 ccm des klaren Filtrats ab, versetzt sie in einem Becherglas mit 5 Tropfen Phenolphtaleïnlösung und lässt unter Umrühren mit einem Glasstab aus einer in $^1/_{10}$ ccm geteilten Bürette $^1/_{10}$ Normalnatronlauge bis zur bleibenden Rötung zufliessen. Die für 100 ccm verbrauchte Menge $^1/_{10}$ Normalnatronlauge um den zehnten Teil vermehrt (auf 110 ccm Destillat berechnet) giebt die Meisslsche Zahl des Schmalzes.

Meisslsche Zahl

Die Meisslsche Zahl giebt an, wie viele ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlauge 110 ccm eines aus 5 g Fett gewonnenen Destillates zur Neutralisation der flüchtigen Fettsäuren verbrauchen.

Die Meisslsche Zahl von reinem normalen Milchfett ist im mindesten 26, d. h. 110 ccm Destillat aus 5 g Milchfett erfordern zur Neutralisation der darin enthaltenen flüchtigen Fettsäuren mindestens 26 ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlauge — die Meisslsche Zahl aller anderen tierischen und pflanzlichen Fette ist 0,6—1,0, die des Kokosfettes bis 7,0.

Bei zu stark erhitztem, verbranntem Schmalz kann die Meisslsche Zahl tiefer herabgehen, ebenso bei Fett aus ranziger Butter, welches eine braune Seife liefert, während dieselbe sonst gelblich oder weiss ist.

Liegt die Meisslsche Zahl unter 26 und war das Fett sonst von normaler Beschaffenheit, so ist unzweifelhaft eine Fälschung mit minderwertigen Fetten anzunehmen. Der Gehalt an reinem Butterfett berechnet sich dann nach folgender Formel:

Wenn a = Meisslsche Zahl, dann enthält das Fettgemisch 3,7 (a —0,6) % Milchfett.

Beispiel: Es wurden 5 g eines Schmalzes abgewogen, für 100 ccm des filtrierten Destillates wurden bis zur Rötung des Phenolphtaleïns 15,2 ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlauge gebraucht, die Meisslsche Zahl ist also

$$(15,2 + 1,52) = 16,72.$$

Das Schmalz ist also kein reines Milchfett, sondern enthält hievon nur 3,7 (16,72 —0,6) % oder 59,6 %. also rund 60 % Milchfett und

40 % eines fremden, minderwertigen Fettes.

Zur vorläufigen Prüfung von Schmalz auf fremde Fette kann man sich bedienen:

Schmelzpunkt — Der Bestimmung des Schmelzpunktes. Man saugt das geschmolzene Fett in ein Kapillarröhrchen, schmilzt dasselbe am unteren Ende zu und befestigt es mittelst eines Stückchens Gummischlauch an dem Quecksilbergefäss eines Thermometers, das man in ein weites Reagensglas mit Glycerin einhängt. Man erwärmt nun letzteres mit einer ganz kleinen Flamme und beobachtet mit einer

Lupe, wann die ganze Fettsäule völlig klar geschmolzen ist. Diesen Punkt liest man als Schmelzpunkt ab.

Milchfett schmilzt zwischen 33 und 37° C, Schweinefett, Rinds- und Hammelstalg schmelzen erst bei Temperaturen zwischen 41° und 47° C. Da es jedoch möglich ist, durch Beimischung von Ölen zu den schwerer schmelzenden Fetten den Schmelzpunkt des Milchfettes einzuhalten, hat diese Bestimmung keinen Wert als Beweis für die Abwesenheit fremder Fette.

Die annähernde Bestimmung der Löslichkeit des Fettes in heissem Alkohol bietet ein Mittel zum raschen Nachweis gröberer Fälschungen:

Man giebt 5 ccm des auf einem kochenden Wasserbad erwärmten klar filtrierten Fettes in ein Rundkölbchen von 60 ccm Inhalt, setzt 20 ccm absoluten Alkohol zu, stellt das Kölbchen wieder auf das Wasserbad und lässt 2 Minuten kochen.

Reines Butterfett löst sich völlig im Alkohol und die Lösung bleibt, wenn das Kölbchen vom Wasserbad genommen wird, in Luft von 13—18° C Temperatur länger als 120 Sekunden klar — während Talg, Schweinefett sich kaum klar lösen oder doch bei Wegnahme des Kölbchens vom Wasserbad sofort oder innerhalb 60 Sekunden sich ausscheiden.

Man kann auf diese Art und durch Vergleich mit reinem Butterfett Mischungen genau nachweisen und selbst annähernd schätzen.

Käse.

Käse wird aus der Milch durch Gerinnen derselben mit Lab gewonnen, wobei Kaseïn unlöslich wird und das Fett mit sich nieder reisst. Die Molke wird abgepresst und die Käsemasse geknetet, gesalzen und geformt. Die Käsemasse macht dann einen „Reifeprozess“ durch, bei dem sich Zersetzungsprodukte des Kaseïns und des Fettes bilden, welche dem fertigen Käse den eigentümlichen Geschmack und Geruch erteilen. Käse

Die Käse werden nach ihrer Bereitungsart, ihrer Konsistenz und ihrem Fettgehalt unterschieden.

Die wesentlichsten Bestandteile der Käse sind: Kaseïn, Milchfett, ferner Milchzucker, Milchsäure, Wasser, Milchsalze, Kochsalz, Peptone, Zersetzungsprodukte derselben, flüchtige Fettsäuren; die Zusammensetzung schwankt in weiten Grenzen.

Tabelle XII.

Bezeichnung	% Wasser	% Fett	% Stickstoff-Substanz	% Milch-zucker	% Salze
Rahmkäse . . .	41.86	31.81	19.06	4.88	3.65
Fettkäse	39.09	29.05	25.09	2.22	4.55
Halbfette Käse .	41.65	26.06	27.00	1.46	3.34
Magermilchkäse .	43.42	11.08	35.85	5.74	4.11

Käsegift

Käse kann gesundheitsschädlich werden durch Bildung von Käsegift, d. h. von Ptomaïnen, welche sich aus dem faulenden Kaseïn bilden. Käse kann minderwertig, z. T. ekelerregend werden durch eine Reihe von Käsefehlern (Blähungen, Süsslichwerden, Geschmacksänderungen, Farbenänderungen), welche meist durch anormale Reifungsvorgänge bedingt sind. Vergl. Adametz Milchzeitung. 1891. 22.

Käse wird gefälscht durch Einarbeiten fremder Stoffe, z B. Kartoffel in Topfenkäse, oder durch Verwendung fremder, minderwertiger Fette. (Kunstkäse.)

Die Untersuchung des Käses erstreckt sich auf Bestimmung von Wasser, Asche, Fett, Stickstoffsubstanz, Milchzucker nach den üblichen Methoden — zweckmässig ist, Weichkäse stets mit geglühtem Sand zu verreiben.

Zur Untersuchung auf fremde Fette extrahiert man grössere Mengen Käse, den man mit Seesand zerrieben und getrocknet hat, mit Aether, verdampft denselben, wäscht das Fett mit heissem Wasser gut aus und untersucht es nach Meissl.

Zur Untersuchung der Ursache von Milchfehlern sind meist bakteriologische Untersuchungen notwendig, wozu man nach den Regeln der Bakteriologie Proben von kranken Stellen entnimmt.

Litteratur über Milch und Milchprodukte:

H. Vogel: Vereinbar. S. 1 u. ff.

E. Peiffer: Analyse d. Milch. Wiesbaden 1887.

Sell: Über Milchbutter, Über Kunstbutter: Arbeiten a. d. kais. Gesundheitsamt. I. 529. 481;
ferner I. 24: Ueber Milchkontrolle.

Fleisch und Fleischwaren.

Das Fleisch besteht aus den Muskelfasern des tierischen Körpers, die durch das Bindegewebe zusammengehalten werden, umgeben und durchsetzt von angelagertem Fett, Sehnen und Knochen. Fleisch

Das Fleisch besitzt eine sehr wechselnde Zusammensetzung, welche vom Körperteil und der Mästung, dem Alter des Tieres und sonstigen Umständen abhängig ist. Gleichmässigere Zusammensetzung besitzt das reine Muskelfleisch, das aber als solches nicht in den Handel kommt.

Die chemischen Bestandteile des Muskelfleisches sind durchschnittlich:

75,0 % Wasser,
21,7 % Stickstoffsubstanzen,
2,0 % Fett,
1,3 % Mineralstoffe.

Die Stickstoffsubstanzen sind Muskelfaser, Bindegewebe, Albumin, Inosin, Harnsäure und Fleischbasen (Kreatin, Kreatinin, Karnin, Xanthin).

Fleisch und Fleischwaren können hauptsächlich gesundheitsschädlich sein durch:

1. Infektionskrankheiten der Tiere (Milzbrand, Rotz, Wut, Pocken, Maul- und Klauenseuche, Tuberkulose, typhöse, pyämische und septikämische Leiden der Tiere),
2. Parasiten (Finnen, Trichinen, Leberegel u. a.),
3. von aussen aufgenommene (arzneiliche) Gifte,
4. nach der Schlachtung entstehende Fäulnissprodukte die sog. Ptomaïne.

Ptomaïne

Die Untersuchung der Tiere und des Fleisches im Sinne des Absatzes 1 ist dem Tierarzt vorbehalten. Im allgemeinen ist jedes Fleisch zu verwerfen, welches eine krankhafte Veränderung zeigt, also Fleisch, das missgefärbt, mit Blut unterlaufen, mit dunklen Stellen durchsetzt, von fauligem oder sonstigem anormalen Geruch und von weicher, schwammiger Konsistenz und schmieriger Beschaffenheit ist.

Die Untersuchung auf Finnen und Trichinen geschieht auf mikroskopischem Weg.

Finnen

Die Finnen, das sind die Larven des Bandwurmes, Cysticercus cellulosae, sind schon mit blossem Auge erkennbar und bilden hirsekorn- bis erbsengrosse, weissgelbe oder bläulich-graue ovale Bläschen. (Fig. 81 γ.) An einer Stelle des Bläschens ist der eingezogene Kopf des Bandwurms zu erkennen, der sich durch Druck auf dasselbe ausstülpen lässt. (Fig. 81 α Finne mit eingezogenem Kopf, β mit ausgestülptem Kopf.) Bei fünfzigfacher Vergrösserung sind an dem Kopf die vier Saugnäpfchen und ein für den Bandwurm des Menschen (Taenia solium) charakteristischer doppelter Hakenkranz erkennbar.

Trichinen

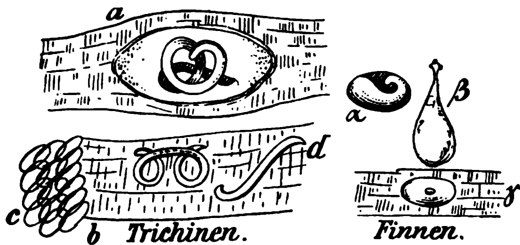
Trichinen kommen hauptsächlich im Schweinefleisch und besonders in dem an Sehnen oder Knochen anstossenden Muskelfleisch vor (Kau-, Augen-, Naken-

Zwischenrippen-, Lenden- und vor allem Zwerchfellmuskel).

Zur Untersuchung des Fleisches auf Trichinen schneidet man mit der Schere etwa 1 cm lange, 2 mm dicke Proben in der Längsrichtung der Muskelfasern ab, zerzupft sie und quetscht sie nach Zusatz von Wasser oder einem Tropfen Essigsäure mit dem Deckglas bis zur genügenden Durchsichtigkeit. Sehr geeignet hiezu sind Kompressorien, d. s. aufeinanderschraubbare Glasplatten. (Preis 3 M.)

Man untersucht nun bei 50 — 100facher Vergrösserung, am zweckmässigsten mittelst einer Vorrichtung, welche automatisch jede Stelle des Präparates unter das Gesichtsfeld bringt.*)

Fig. 81.



Trichinen finden sich im Fleich teils im Zustande der Wanderung, teils eingekapselt vor.

Erstere stellen 0.6 — 1 mm lange, teils gestreckte, teils gerollte Würmchen dar, welche an ihrem vorderen Ende spitz, am hinteren dickeren Ende stumpf abgerundet sind. (Fig. 81 *d.*)

Die eingekapselten Trichinen liegen innerhalb des aufgetriebenen Muskelschlauches und sind von einer elliptischen Kalkkapsel umgeben, welche einen eigentümlichen Glanz besitzt, völlig gleichartig ist, sich in Essig-

*) Mikroskope von Wächter, und Schmidt und Haensch, Schiek; Preis je nach der optischen Einrichtung 60—100 M.

säure auflöst und die eingerollte Trichine mehr oder minder durchscheinen lässt. (Fig. 81 *a*, ferner *b* quergestreifte Muskelfasern, *c* Fettzellen.*)

Chemische Untersuchung Die chemische Untersuchung des Fleisches wird nach den allgemeinen Methoden ausgeführt, sie beansprucht ein Interesse nur bei der Berechnung des Nährwertes.

Fleischkonserven Die geringe Haltbarkeit des Fleisches war Veranlassung, Fleischkonserven herzustellen. Hiezu bedient man sich verschiedener Konservierungsmethoden: Erhitzen und Abschliessen gegen Luft (Appert), Imprägnieren mit antiseptischen Mitteln, wie schweflige Säure, Kohlensäure, Borsäure, Schwefelkohlenstoff u. s. w., doch haben sich Konserven mit Chemikalien nie Eingang verschafft.

Wurstwaren Wurstwaren sind Konsumtions- und Konservierungsarten des Fleisches, hergestellt aus kleingehacktem Fleisch, Speck, sonstigen Bestandteilen des tierischen Körpers und gemischt mit Salz, Gewürz (und Wasser). Die Würste kommen teils roh, teils gekocht, geräuchert, gebacken oder getrocknet in den Handel.

Die Würste für raschen Konsum sind besonders wasserreich (vergl. H. Trillich. Bericht VI. Vers. bayr. Vertr. d. angew. Chemie. 1887), oft bis zu 80 % der Wurst ist Wasser. Solchen Würsten wurde früher häufig Mehl zugesetzt, in der Absicht mehr Wasser zu binden, was aber neuere Maschinen viel intensiver bewirken, so dass Stärkmehl als Zusatz überflüssig ist.

Die Würste für längere Aufbewahrung (Wurstkonserven) werden auch mit Zuhilfenahme von Konservierungsmitteln hergestellt, so Kaliumnitrat (Salpeter), Borsäure, borsaures Natron, Salicylsäure oder sog. Konservesalze (meist Mischungen von Kochsalz, Sal-

---

*) Über genaue Unterscheidung der Trichinen von anderen Parasiten siehe Johne: Der Trichinenschauer. Berlin 1889. (Preis geb. 3,50.)

peter und Borsäure), oder sie werden mit Anilinrot gefärbt.

Die Untersuchung der Wurstwaren wird nach den üblichen Methoden ausgeführt, zur qualitativen Prüfung auf Mehlzusatz betupft man frische Schnittflächen der Wurst mit Jodlösung — bei Gegenwart von Mehl tritt mehr oder minder Blaufärbung auf.

Zur Prüfung auf Konservierungsmittel werden 10 g Wurst mit ca. 100 ccm Wasser ausgekocht, die Flüssigkeit wird abfiltriert und wie folgt geprüft:

Einige Tropfen werden zu 5 ccm Schwefelsäure, welche einige Kristalle Diphenylamin gelöst enthält, gegeben — tritt Blaufärbung auf beim Umschütteln, so ist Salpeter vorhanden.

Ein Teil der Lösung wird zur Trockne verdampft unter Zusatz von Natriumkarbonatlösung, der Rückstand verascht, in Salzsäure gelöst und in diese saure Lösung ein Streifen Kurkumapapier gelegt.

Färbt sich letzteres beim Eintrocknen rot, so ist Borsäure vorhanden.

Der Rest der Lösung wird mit Äther ausgeschüttelt, letzterer abgehoben, in einer Porzellanschale verdampft, der Rückstand mit einigen Tropfen Wasser aufgenommen und mit Eisenchloridlösung versetzt.

Violettfärbung beweist Gegenwart von Salicylsäure

Fleischpulver ist von Fett und Sehnen befreites, getrocknetes und gestossenes Fleisch, das in neuerer Zeit allein oder mit diätetischen Mitteln gemengt, in den Handel kommt. Fleischpulver

Fleischextrakt ist eingedickte, von Fett befreite Fleischbrühe und besteht hauptsächlich aus Fleischextrakt

Fleischalkaloiden (stickstoffhaltig) 60 %,
Mineralstoffen . . . . 20 „
Wasser . . . . 20 „

ist also nur Genuss- und nicht Nahrungsmittel. Gegenwärtig kommen auch flüssige Fleischextrakte mit 50—60 % Wassergehalt in den Handel. Die zur Untersuchung des

18*

Fleischextraktes gebräuchlichen Methoden hat R. Sendtner beschrieben.*)

Peptone

Ausserdem kommen noch Verdauungsprodukte des Fleisches als Peptone in den Handel, meist aber nur als diätetische Mittel für Kranke.

Tierische Fette

Tierische Fette sind nicht unwesentliche Nahrungsstoffe, so insbesondere Rinderfett, (Talg), Schweinespeck und -„Schmalz".

Diese Fettsorten bilden im lebenden Tiere An- und Auflagerungen an die Muskeln, welche durch künstliche Mästung (Futter und Ruhe) ganz enorm vermehrt werden können. (Speck.)

Das Fett wird hieraus durch Zerdrücken oder Zerreissen der Membranen und Ausschmelzen gewonnen, und bildet feste oder weichere Massen von gelblich weisser Farbe, welche an der Luft ausbleicht, wobei das Fett zugleich sich zersetzt und einen ranzigen Geschmack annimmt.

Rindsfett ist ziemlich hart, schmilzt erst über 45° C, und hat ein spez. Gewicht von 0,859 bei 100° C gemessen.

Schweinefett ist von salbenartiger Konsistenz, schmilzt zwischen 42—45° C und hat ein spez. Gewicht von 0,860 bei 100° C.

Zur Untersuchung der Fette werden dieselben geschmolzen, um die Gegenwart fremdartiger Körper (Wasser, Salze, Schmutz) zu ermitteln, das Fett wird klar abfiltriert und dessen Schmelzpunkt wie Seite 268 angegeben, bestimmt.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes erfolgt bei 100° C mittelst einer eigens konstruierten Westphalschen Wage oder eines Aräometers von König.

Sehr wertvolle Anhaltspunkte für die Reinheit eines Fettes bietet mitunter die Bestimmung der Jodzahl. (Hüblsche Methode. Vergl. Holde. Mitteil. a. d. techn. Versuchsanstalt Berlin. 1891. IX. 81).

*) Archiv für Hygiene I. S. 511 u. 1887 S. 253.

Schweinefett wird in grossem Massstab mit dem Stearopten von Baumwollsamenöl gefälscht. Zur Ermittelung dieser Fälschung giebt man 10 ccm des klar geschmolzenen Fettes in ein Kölbchen, versetzt mit 20 ccm absoluten Alkohol, setzt auf ein kochendes Wasserbad und fügt nun
2 ccm einer alkoholisch-ätherischen Silbernitratlösung zu.

(Bechi's Reagens: 1 g Silbernitrat gelöst in 200 ccm Alkohol und 40 g Äther zugesetzt.)

Ist Baumwollsaatöl vorhanden, so tritt sofort oder bald eine von der Reduktion des Silbernitrates herrührende Braunfärbung oder Metallausscheidung ein, während reines Schweinefett unverändert bleibt.

Litteratur:

Gerlach: Die Fleischkost d. Menschen. Berlin 1875.
Schmidt-Mülheim: Handbuch der Fleischkunde. Berlin 1884. 6 ℳ.
" " Der Verkehr mit Fleisch und Fleischwaren. Berlin 1887.

Mahlprodukte und vegetabilische Nahrungsmittel.

Die Früchte der Cerealien bilden als Mehl und Brot, jene der Leguminosen als Gemüse wichtige Nahrungsmittel. Der Hauptbestandteil dieser Früchte ist Stärkemehl, ausserdem enthalten sie Wasser, Fett, Stickstoffsubstanzen und Mineralstoffe.

Die Cerealien bedürfen einer eigenen Zubereitung, durch welche die nichtverdaulichen, cellulosereichen Hülsen- und Schalenteile der Getreidefrucht entfernt und die Mehlkörper zerkleinert werden.

Der Mahlprozess liefert die verschiedenen Mehlsorten, **Mehle**
von denen Weizen- und Roggenmehle die grösste Bedeutung haben. Man unterscheidet Zwischenprodukte (Graupen, Gries, Schrot) von den eigentlichen, nach Feinheit und Farbe nummerierten Mehlen und den Abfallprodukten (Ausreuter, Kleie).

Die Mehle besitzen je nach der Feinheit eine völlig weisse bis schwarzgraue oder rötliche Farbe, welche man am besten erkennt, wenn man die Mehle auf blaues Glanzpapier nebeneinander schüttet.

Mehl darf weder feucht sein, noch einen dumpfen, modrigen, kratzenden oder fauligen Geruch und Geschmack haben, noch lebende Tiere (Milben, Älchen) oder Pilze und Bakterien enthalten. Schlechtes Mehl kennzeichnet sich durch Bildung von Klumpen, wenn man es in den Händen ballt, wobei gutes Mehl sofort wieder auseinander fällt.

Unkrautsamen Mehl kann gesundheitsschädlich werden durch Gegenwart von Unkrautsamen, hauptsächlich Kornrade, Taumellolch oder Mutterkorn, oder von Pilzen (Schmier- oder Flugbrand). Die Untersuchung wird auf mikroskopischem Wege ausgeführt.

Vorprüfung nach Vogl: Man versetzt etwa 2 g des Mehles in einem Reagensglas mit 10 ccm eines salzsäurehaltigen Alkohols (70 ccm absol. Alkohol, 30 ccm Wasser, 5 ccm Salzsäure), erwärmt gelinde, schüttelt gut und beobachtet die Farbe.

Bei Gegenwart von Mutterkorn (Secale cornutum) ist der Alkohol rötlich bis violett, bei Gegenwart von Taumellolch (Lolium temulentum) oder Kornrade (Agrostemma githago) orangerot bis gelb, bei Gegenwart anderer Unkräuter, wie Rinanthus, Wicken u. s. w., grünlich.

Fälschungen des Mehles werden, obwohl selten, mit weissen Mineralsubstanzen, Schwerspat, Gyps, kohlensaurem Kalk, ausgeführt; diese Fälschungen lassen sich jedoch durch eine Aschenbestimmung sicher nachweisen, die man mit 10 g Mehl ausführt.

Mehl enthält nicht über 2 % Gesamtasche, Weizenmehl meist 0,5—1,0 %, Roggenmehl bis 2 %, hierin sind 0,2 % Sand eingeschlossen. Die Bestimmung des Sandes führt man aus, wie unter „Genussmittel“ angegeben.

Zur Prüfung auf gröbere mineralische Verunreinigungen schüttelt man in einem Reagensglas einen Theelöffel Mehl mit 20 ccm Chloroform gut durch und lässt stehen — reines Mehl sammelt sich an der Oberfläche der Flüssigkeit an, die mineralischen Beimengungen sinken zu Boden.

Weitere Fälschungen werden vorgenommen durch Vermengung wertvollerer Mehle mit minderwertigen. Zur Unterscheidung kann man sich nur der mikroskopischen Untersuchung bedienen, welche die Mehle nach der Form der Stärkekörner, sowie der nie ganz fehlenden Fragmente der Samen- und Fruchthaut unterscheidet.

Stärkekörner

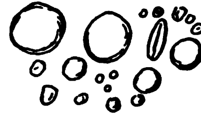
Für gewöhnlich genügt die Untersuchung der Stärkekörner, wozu man etwas Mehl mit Wasser anrührt, auf einen Objektträger bringt und bei 300facher Vergrösserung untersucht.

Man unterscheidet folgende wichtige Formen:

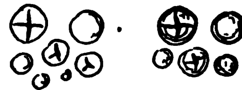
Tafel II.

1. Stärkekörner einfach.

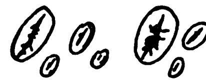
a) Meist kreisrund, mit konzentrischer schwacher Schichtung von äusserst verschiedener Grösse: Weizen.



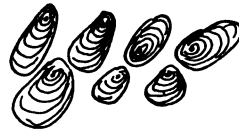
b) Wie a, aber häufig mit zentralem Spalt oder Kreuz: Roggen; stärker geschichtet: Gerste.



c) Elliptisch, mit konzentrischer Schichtung und starkem, querrissigem Längsspalt, verschieden gross: Leguminosen.

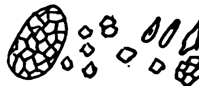


d) Elliptisch, mit exzentrischer, deutlicher Schichtung, ohne Risse: Kartoffel (Maranta.)

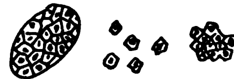


2. Stärkekörner zusammengesetzt (Teilkörner).

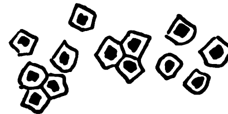
a) Teilkörnchen, klein, scharfkantig, ohne Kernhöhle (Spindelformen): Hafer.



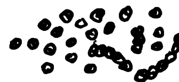
b) Wie a, aber mit deutlicher Kernhöhle: Reis.



c) Wie b, aber bedeutend grösser: Mais.



d) Körnchen rundlich, mit deutlicher Kernhöhle, oft kettenförmig aneinanderhängend, sehr klein: Buchweizen.



Weitere mikroskopische Unterscheidungsmerkmale der Mehle, sowie der Unkräuter sind gegeben in: Schimper, Anleitg. z. mikr. Untersuch. der Nahr.- u. Genussm. Jena 1886; Möller, Mikrosk. der Nahr.- u. Genussm. aus d. Pflanzenreich. Berlin 1886; Dammer, Lexikon der Verfälschungen. Leipzig 1887.

Nach Birnbaum (Die Prüfung der Nahrungsmittel u. s. w. Karlsruhe 1883.) sollte auf die wasserbindende Kraft der Mehle mehr Gewicht gelegt werden als bisher. Zu ihrer Bestimmung verfährt man folgendermassen:

In eine beliebige Menge Mehl, das in einer Schale in ziemlich dicker Schicht sich befindet, wird mittelst eines passenden Instrumentes (Löffel) eine Mulde geformt, in die man mittelst Pipette genau 10 ccm Wasser bringt. Nun rührt man mit einem Glasstabe so lange von dem Mehl in das Wasser hinein, bis der entstehende Teig eine kompakte, am Glasstab hängende Masse bildet. Hiebei ist nur zu beachten, dass der Brei nicht an die Wandung des Gefässes kommt, da man sonst leicht Verluste an Teig haben könnte. Man bringt letzteren nun in die innere Fläche der linken Hand, die mit Mehl bedeckt wurde, wo es ohne Schwierigkeit und ohne Verluste zu erleiden, gelingt, in denselben noch so viel Mehl hineinzukneten, dass man einen nicht mehr an den Fingern klebenden, zusammenhängenden steifen aber leicht knetbaren Teig erhält. Der so erzielte Teigklumpen wird gewogen. Ist sein Gewicht G, so findet man nach dem Ansatz:

$$(G-10) : 10 = 100 : W$$

die wasserbindende Kraft W des Mehles als Teile Wasser, welche 100 Teile Mehl zu binden vermögen.

Die wasserbindende Kraft sinkt bei brauchbarem Mehl nicht unter 40%; Weizenmehl bindet bis zu 60%, Roggenmehl bis zu 52,5% Wasser. Als Mittel für die wasserbindende Kraft kann man bei gutem Mehl 50%

annehmen, was einem Gewicht des nach dem obigen Verfahren bereiteten Teigklumpen von 30 Gramm entspricht.

Je grösser die wasserbindende Kraft des Mehles, um so grösser wird die Brotmenge sein, die man aus einer bestimmten Menge Mehl gewinnen kann, um so lockerer und gesunder ist aber auch das Brot. Besitzt ein Mehl eine geringe wasserbindende Kraft, so liefert es, namentlich in Privathäusern verbacken, in denen man gewöhnlich die Ingredienzien in bestimmten Mengen nach einem Rezept mischt, ohne auf die charakteristischen Eigenschaften des Mehles so Rücksicht zu nehmen, wie es der Bäcker thut, leicht ein schlechtes dichtes Brot. Auch bei der Beurteilung der Güte von Brot ist daher die Beachtung der wasserbindenden Kraft des Mehles von grosser Bedeutung.

Die Mahlprodukte werden vor dem Genuss einer weiteren Zubereitung unterworfen, welche teils nur eine Umänderuug des Stärkemehls in leichter resorbierbare Formen (Dextrin, Zucker), hauptsächlich aber eine den Verdauungssäften zugänglichere Form bezweckt.

Brot

Dies geschieht durch das Backen. Das Mehl wird mit Wasser, Hefe und Salz angerührt, macht einen Gährungsprozess durch, wobei sich der „Teig“ durch die gebildete Kohlensäure lockert und wird dann gebacken, wodurch das Stärkemehl teilweise in Dextrin und Zucker umgewandelt wird. Das erhaltene Produkt, das Brot, besteht aus einer gebräunten, dextrinreichen Rinde und einer lockeren, mit feinen Blasen durchsetzten, stärkehaltigen Krume.

Die Zusammensetzung von Mehl und Brot ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung (nach König):

	Weizen*)		Roggen*)	
	Mehl	Brot	Mehl	Brot
Wasser	13,34	35,51	14,00	42,27
Stickstoffsubstanz	10,08	7,06	10,21	6,11
Fett	0,94	0,46	1,64	0,43
Zucker	2,35	4,02	...	2,34
Dextrin } Stärke }	69,44	52,56	73,54	46,94
Holzfaser	0,31	0,32	0,64	0,49
Asche	0,48	1,09	0,98	1,46

*) Die angeführten Analysen sind nicht mit frischem neugebackenem Brot angestellt. Solches besitzt meist rund 50% Wasser.

Brot wird gesundheitsschädlich bei:

a) fehlerhafter Herstellung, hauptsächlich durch Verwendung von schlecht gegangenem Teig, wodurch unverdauliche Produkte entstehen,

b) Verwendung giftiger Zusätze und Treibmittel, wie Kupfervitriol, Alaun u. s. w.

c) Verwendung von Mehl, das Unkrautsamen enthält.

Die Untersuchung des Brotes erfolgt nach den allgemeinen Methoden. Giftige Metalle werden durch Kochen der Asche mit Natriumkarbonatlösung, Filtrieren und Auflösen des Unlöslichen in heisser Salpetersäure und Behandeln der filtrierten saueren Lösung mit Schwefelwasserstoff ausgefällt und dann weiter untersucht. (Siehe Gebrauchsgegenstände.)

Zur Prüfung auf Alaun (auch Eisen und Kupfer) legt man nach Horsley eine Scheibe Brot 6–7 Minuten in Blauholztinktur.

(1 g frisch geschnittene Blauholzspähne werden 8 Stunden mit 20 ccm Methylalkohol digeriert, filtriert und mit 150 ccm Wasser und 10 ccm gesättigter Ammonkarbonatlösung versetzt.)

Ist Alaun vorhanden, so nimmt das Brot eine mehr oder minder starke blaue Farbe an, deren Eintreten eine eingehende Analyse der Asche bedingt.

Unkrautsamen werden durch mikroskopische Untersuchung nachgewiesen.

Mutterkorn wird nach Elsner (Die Praxis des Chemikers. 1889. 113) nachgewiesen, indem man 30 g gröblich zerkleinerte Brotkrume mit 40 g Äther und 20 Tropfen Schwefelsäure (1:5) 24 Stunden lang stehen lässt, filtriert und das Filtrat auf gesättigte Natriumbikarbonatlösung schichtet. Ist Mutterkorn vorhanden, so färbt sich die Berührungszone beider Schichten violett.

Literatur: **K. Birnbaum: Das Brotbacken. Braunschweig 1878.**

Hefe

Als Hefen kommen noch flüssige Hefen der Brauerei- und Brennereiindustrie, oder gepresste und konservierte Hefen in den Handel. Ueber Hefenarten vergl.:

A. Jörgensen: Die Mikroorganismen der Gährungsindustrie. Berlin 1890.

Gute Hefe soll frisch und angenehm obstartig riechen, plastisch, ohne vertrocknete oder faulige Teile sein und fremde Zusätze nicht enthalten. Presshefen enthalten häufig sehr viel Stärkemehl (Kartoffelmehl), das qualitativ durch Betupfen der Hefe mit Jodlösung und mikroskopische Untersuchung nachgewiesen wird.

Der Wert einer Hefe wird bestimmt durch die Gährkraft.

Vergl. hierüber H. Will: Bericht über die 8. Versammlung bayr. Vertr. d. angew. Chemie. Berlin 1889. S. 72.

Back- und Konditorwaren

Dem Brot anzureihen sind die Back- und Konditorwaren, welche unter Verwendung von Mehl, Wasser, Zucker, Eiern und Milch hergestellt und verschiedenartig parfümiert und gefärbt werden. Die Untersuchung hat sich hier lediglich auf eine Prüfung auf giftige Farbstoffe zu erstrecken. (Siehe Gebrauchsgegenstände.)

Vegetabilische Nahrungsmittel

Durch sonstige vegetabilische Nahrungsmittel, Wurzeln, Blätter, Früchte, Samen, welche als Gemüse, Salat, Obst etc. verwendet werden, dürften Gesundheitsschädigungen nur dann zu erwarten sein, wenn diese Gegenstände in verdorbenem oder verfaultem Zustande, oder auch in unreifem Zustande in Gebrauch kommen, und kann meistens schon der äussere Augenschein über deren Zulässigkeit entscheiden.

Kartoffel

Kartoffel werden häufig in unreifem Zustande verkauft, sie sind dann von geringerem Nährwert, unverdaulich und gesundheitsschädlich. Sie besitzen ein niedrigeres spezifisches Gewicht, als völlig reife und kann man aus dem spezifischen Gewicht den Gehalt an Stärkemehl und Wasser aus einer von Behrend, Märker und Morgen berechneten Tabelle entnehmen.

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes reinigt man die Kartoffel mit Wasser und Bürste gut von anhängender Erde, trocknet sie äusserlich gut ab und wägt sie auf 0,1 g genau ab.

Die Bestimmung des Volumens führt man ebenso aus wie bei Boden Seite 147. Aus Gewicht und Volumen berechnet man dann das spezifische Gewicht. Eine von Reimann konstruierte Wage gestattet diese Bestimmung direkt vorzunehmen.

Spez. Gewicht	Trockensubstanz %	Stärkemehl %
1,080	19,7	13,9
1,085	20,7	14,9
1,090	21,8	16,0
1,095	22,9	17,1
1,100	24,0	18,2
1,105	25,0	19,2
1,110	26,1	20,3
1,115	27,2	21,4
1,120	28,3	22,5
1,125	29,3	23,5
1,130	30,4	24,6
1,135	31,5	25,7
1,140	32,5	26,7
1,145	33,6	27,8
1,150	34,7	28,2

Der Genuss giftiger Schwämme hat schon häufig Erkrankungen, oft mit tötlichem Ausgang verursacht. Zur Erkennung giftiger Schwämme giebt es zur Zeit keinerlei chemische Methoden oder Vorproben; man ist daher lediglich auf die Erfahrung angewiesen. Jedenfalls empfiehlt es sich, die Schwämme vor der Ingebrauchnahme mit heissem Wasser abzubrühen, das Wasser abzugiessen und die Schwämme mit kaltem Wasser nachzuwaschen. Schwämme

Aus einigen vegetabilischen Rohmaterialien werden die wertvollen Hauptbestandteile auf grossindustriellem Wege rein dargestellt.

Aus stärkehaltigen Materialien, insbesondere Kartoffeln, Reis, Manihot, Mais etc., wird das Stärkemehl rein dargestellt und gelangt teils zu technischen Zwecken, teils als Nahrungsmittel (Maizena, Arowroot) in den Handel. Stärkemehl

Stärkemehl soll nicht über 0,5 % Asche enthalten; eine Verfälschung mit minderwertigen Mehlen ergiebt sich aus der mikroskopischen Untersuchung der Stärkekörnchen.

Zucker

Zucker ($C_{12}H_{22}O_{11}$ [Sacharose]) wird gegenwärtig hauptsächlich aus Zuckerrüben (Beta altissima) und dem Zuckerrohr (Sacharum offic.) gewonnen und kommt in Hut-, Stück-, Würfel- und Pulverform in Handel. Zum Weissfärben von gelblichem Zucker dient Ultramarin, das, im Übermass zugesetzt, dem Zucker einen bläulichen Schein erteilt. Ein hygienisches Bedenken ist hiegegen nicht zu erheben. Häufig kommt auch schlecht süssender Zucker mit viel Kalksacharat vor, eine Aschenbestimmung giebt hier sicheren Aufschluss, indem reiner Zucker nie über 2,5 % Asche enthält.

Staubzucker wird manchmal mit Mehl versetzt, löst sich dann nicht klar in Wasser und färbt sich mit Jodtinktur blau.

Falls der Zucker mittelst „Barytverfahrens“ hergestellt ist, ist das Vorkommen giftiger Barytsalze im Zucker, insbesondere in den unreinen Sorten (Farinzucker) nicht ausgeschlossen.

Traubenzucker (Dextrose, $C_6H_{12}O_6$) wird gegenwärtig nur mehr künstlich dargestellt durch Erhitzen von stärke- oder cellulosehaltigen Materialien mit Schwefelsäure, Ausfällen der letzteren mit Kalk oder Baryt und Reinigen des erhaltenen Syrups. Er gelangt als Syrup, in amorphen Stücken und krystallisiert in den Handel.

Unreiner Traubenzucker kann viel schwefelsaure Salze und Zwischenprodukte der Invertierung (Dextrine) enthalten. Diese letzteren besitzen an und für sich nach neueren Untersuchungen keine gesundheitsschädlichen Wirkungen, wie sie ihnen früher zugeschrieben wurden, dagegen entsteht bei der Gärung solch unreinen Traubenzuckers viel Fuselöl, das den Gärungsprodukten gesundheitsschädliche Eigenschaften erteilt.

Malzzucker (Maltose, $C_{12}H_{22}O_{11}$) wird gegenwärtig technisch aus Mais durch Einwirkung von Malzaufgüssen unter Hochdruck hergestellt.

Saccharin. Unter dieser Bezeichnung gelangen synthetisch hergestellte organische Stoffe, welche hauptsächlich Benzoesäuresulfimid enthalten, als weisse krystallinische Pulver in den Handel. Sie sind 300—600 mal süsser als Zucker, in Wasser teils schwer, teils leicht löslich.

Ueber die Zulässigkeit dieser Stoffe als Süssungsmittel sind die Ansichten noch geteilt, jedenfalls ist zu verlangen, dass die Verwendung von Saccharin dem Käufer zu Wissen gemacht wird durch entsprechende deutliche Bezeichnung.

Zum Nachweis von Saccharin werden feste Substanzen mit Äther extrahiert, flüssige mit Äther ausgeschüttelt, der Äther wird in einem Porzellantiegel verdunstet und der Rückstand mit wasserfreiem Natriumhydrat geschmolzen, bis eben die Masse ruhig fliesst. Nach dem Erkalten wird in Wasser gelöst, schwach angesäuert und wieder mit Äther ausgeschüttelt.

Die ätherische Lösung wird neuerdings in einem Porzellanschälchen verdampft, der Rückstand mit Wasser aufgenommen und mit Eisenchloridlösung versetzt. Tritt jetzt Violetfärbung ein, so war Salicylsäure, welche aus Saccharin gebildet wurde, vorhanden.

Über quant. Bestimmung vergl. Bericht über die IX. Versamml. bayer. Vertreter d. ang. Chemie. 1890. 23 u. f. über Zulässigkeit. Denselben 10 u. f.

Anhang:

Honig, ein Sekret der Bienen, ist ein Gemenge von Trauben- und Fruchtzucker; verdirbt durch Gärung und Säuerung und wird häufig mit Stärke- oder Maltosesyrup verfälscht. Honig

Zur Untersuchung bereitet man eine Lösung von 30 g Honig und 60 g Wasser. Das spezifische Gewicht

dieser Lösung muss mindestens 1,1111 bei 15° C sein, andernfalls ist der Honig mit Wasser verfälscht.

50 ccm der Lösung werden mit 3 ccm Bleiacetatlösung und 2 ccm Natriumkarbonatlösung vermischt und filtriert. Das Filtrat muss im 220 mm Rohr des Wildschen Polaristrobometers mindestens — 6° 30' (links) drehen, andernfalls ist der Honig einer Fälschung verdächtig. Es kommen jedoch auch rechtsdrehende natürliche Honige vor, die Erkennung einer Fälschung mit Syrup ist daher sehr schwierig. *)

Öle

Vegetabilische Öle und Fette werden von verschiedenen Früchten — Oliven, Mandeln, Nüssen, Kokosnüssen, Baumwollsamen, Sesamum orientale u. s. w. durch Auspressen gewonnen.

Die Pflanzen- oder Speiseöle sind gelblich gefärbt, von mehr oder minder charakteristischem Geruch und Geschmack, und werden an der Luft leicht ranzig, d. h. sie scheiden freie, unangenehm riechende, kratzend schmeckende Fettsäuren aus.

Als Unterscheidungsmerkmale benützt man Spezifisches Gewicht, Erstarrungspunkt, Schmelzpunkt und Erstarrungspunkt der Fettsäuren, Brechungsexponenten, ferner

Die zum Verseifen nötige Alkalimenge (Verseifungszahl), die absorbierbare Jodmenge (Jodzahl), endlich eingehendere chemische Bestimmungen der einzelnen Fettsäuren, sowie qualitative Farbenreaktionen.

Aufschluss hierüber geben die Werke von

R. Benedikt: Analyse der Fette und Wachsarten. II. Aufl. Berlin 1891.

Schädler: Untersuchung der Fette, Öle und Wachsarten. Berlin 1890.

*) Weitere Untersuchungsmethoden vergl. Sieben: Zeitschr. des Vereins f. d. Rübenzuckerindustrie 1884. S. 837.

noch in Gärung befindliches Geträn
ist, dürfen in Bayern laut Art. 7 d
gesetzes vom 16. Mai 1868 und dem
vom 10. November 1861 nur Gerstem
Hopfen, Hefe und Wasser verwendet
übrigen deutschen Staaten ist bisher
dung von nicht gesundheitsschädliche
Gerstenmalz gestattet.

Die Herstellung des Bieres
Abschnitte:

1. die Malzbereitung. Ger
in Wasser eingeweicht und dann zum
Aus den unlöslichen Stickstoffsubstanz
Weizens) bildet sich ein chemisches Fer
das in Wasser löslich ist und seinerse
in Zucker (Maltose) umwandelt. Die
(Weizen) [Grünmalz] wird dann auf
d. h. getrocknet und mehr oder wenig
malz] oder auch ganz gebräunt [Farb

2. Die Würzebereitung. Das M
mit Wasser gemischt und unter Anwe
und Kochung extrahiert und verzucke
zur Würzebereitung unterscheidet man
oder Kochverfahren und das Infusio

verfahren. Die Maische bleibt in Ruhe, bis die Reste des Kornes, die Treber, sich abgesetzt haben, die abgezogene Flüssigkeit, die Würze, ist eine Lösung von Malzzucker mit den anderen löslichen Stoffen aus dem Malze.

Würze Die Würze wird nun mit Hopfen gekocht, wobei Hopfenbestandteile sich auflösen, eiweissartige Körper hingegen sich abscheiden und wird dann auf Kühlschiffen abgekühlt. Nach Abscheidung der suspendierten Stoffe (Kühlgeläger) stellt die gehopfte Würze (oft kurzweg Bier genannt) eine klare Lösung von Malzzucker, Dextrin, Eiweissstoffen, Peptonen, und Amiden, harzigen Stoffen, ätherischen und fetten Ölen aus dem Hopfen und Malze, färbenden und Bitterstoffen und Salzen dar.

Würzekonzentration Den prozentischen Gehalt der Würze an gelösten Stoffen nennt man Würzekonzentration.

Gärung 3. Die Gärung. Die Würze wird mit Hefe „angestellt" und auf die Gärbottiche verteilt; durch die Thätigkeit der Hefe wird der grösste Teil der Maltose in Alkohol und Kohlensäure zersetzt, gleichzeitig bilden sich Gärungsnebenprodukte. Man unterscheidet Unter- (Braunbier) und Obergärung (Weissbier), ferner die Hauptgärung, welche auf den Bottichen in 8—14 Tagen verläuft und „Grün- oder Jungbier" liefert, und die „Nachgärung", welche auf den Fässern bis zum Konsum vor sich geht.

(In Belgien stellt man Biere durch Selbstgärung her.)

Lagerung Die Fässer bleiben bei der Nachgärung, Lagerung, anfangs offen, dann aber verschlossen (Spunden), so dass sich Kohlensäure ansammelt und das Bier schäumend, frisch und wohlschmeckend macht und gleichzeitig konserviert. Der Rest der Hefe scheidet sich als „Fassgeläger" ab.

Zusammensetzung Die qualitative Zusammensetzung der Biere ist folgende: Wasser, Alkohol, Kohlensäure, Maltose, Dextrin, Eiweissstoffe, Peptone, Mineralstoffe, ätherische und Hopfen-

bitterstoffe, Milchsäure, Bernsteinsäure, Glycerin. Die quantitative Zusammensetzung ist eine sehr verschiedene, im allgemeinen können folgende Mittelzahlen als massgebend angesehen werden.

Tabelle XIII.

In 100 Gramm	Schenkbier	Lagerbier	Bock und Exportbier	Porter Ale	Weissbier
Wasser . . .	91.81	90.71	88.72	88.52	90.81
Kohlensäure . .	0.23	0.22	0.24	0.21	0.30
Alkohol . . .	3.206	3.679	4.066	5.164	3.57
Extrakt . . .	4.988	5.612	7.227	6.321	5.62
Eiweissstoffe .	0.811	0.491	0.710	0.730	0.38
Maltose . .	0.442	0.872	1.810	2.624	1.53
Dextrin . .	2.924	4.390	3.960	3.080	2.64
Milchsäure .	0.116	0.128	0.166	0.325	0.171
Glycerin . .	0.202	0.218	0.397	0.184	0.092
Mineralstoffe	0.200	0.223	0.267	0.273	0.112
Würzekonzentration	11.40	13.37	15.36	16.65	12.49

Das Bier unterliegt sehr leicht Veränderungen teils während der Herstellung, teils beim Lagern. Insbesondere verdirbt das Bier bei Verwendung schlechter Rohmaterialien (wozu auch die Hefe gerechnet werden muss), und bei Unreinlichkeit bei der Herstellung oder zu hoher Temperatur beim Lagern, es entwickeln sich dann die sog. wilden oder Flughefen, welche eine anormale Gärung verursachen und Bakterien, welche Milch- oder Essigsäuerung oder Trübung des Bieres bewirken. Auch durch sonstige Umstände oder Fehler im Brau- Veränderungen

betrieb kann das Bier trüb werden, ohne dass jedoch Mikro-Organismen die Ursache wären.

So entsteht die Kleister- (Stärke-) Trübung bei ungenügender Verzuckerung des Malzes, Harztrübung unter noch nicht aufgeklärten Bedingungen, endlich Eiweisstrübung bei Verwendung von schlechtem Malz, oder durch nicht genügende Sorgfalt beim Maischprozess, oder plötzliche starke Abkühlung.

Bei zu hoher Temperatur und zu baldiger Spundung treibt die bereits abgeschiedene Hefe neuerdings das Bier, „das Bier steht auf"; bei hoher Temperatur und ungenügender Spundung verliert das Bier seine Kohlensäure, es wird schal.

Verfälschungen Gefälscht wird das Bier durch Zusatz fremder, nicht erlaubter Stoffe; so insbesondere durch Verwendung von Malz- oder Hopfensurrogaten, von Konservierungsmitteln, von Mineralsubstanzen, welche teils die Kohlensäure neu entwickeln, teils die Phosphorsäure des Malzes ersetzen sollen u. s. w.

Untersuchung des Bieres.

a) Entnahme einer Bierprobe.

Probenahme Zur Aufnahme des Bieres dienen gut gereinigte, dunkle, undurchsichtige Glasflaschen, zum Verschluss derselben neue ausgekochte Korke. Die Flaschen sind mit heisser Lauge, dann so oft mit Wasser auszuspülen, bis das ablaufende Wasser rotes Lakmuspapier nicht mehr verändert, bis also alle Lauge sicher wieder ausgewaschen ist. Man lässt das Wasser dann gut austropfen und füllt das Bier ein. Die Flasche wird bis auf etwa 20 ccm vollgefüllt, verkorkt und der Kork durch Umschnürung und Siegel befestigt.

Auf die Flasche klebt man eine Etikette, welche Tag und Stunde der Entnahme, die Bezeichnung der Räumlichkeit, Fassnummer und Fassinhalt, den Namen des Wirtes und der Brauerei und kurze Notizen über die äussere Beschaffenheit des Bieres trägt.

Die Untersuchung des Bieres muss der Probenahme möglichst rasch folgen, die Aufbewahrung inzwischen geschieht am besten über Eis.

b) Äussere Eigenschaften.

Man beachtet, ob das Bier klar oder trüb ist, ob es einen Bodensatz besitzt, ob es schal oder sauer ist u. s. w. **Äussere Eigenschaften**

Die Untersuchung der Trübung und des Bodensatzes erfolgt mikroskopisch bei 300facher Vergrösserung, eventuell ist eine bakteriologische Untersuchung anzureihen. Die Trübung durch normale Bierhefe ist hiebei nicht mit der durch wilde Hefe, Bakterien oder Essigpilze zu verwechseln.*) **Trübung**

Ausser hefen- oder bakterientrübem Bier kommt auch noch kleister- oder eiweisstrübes Bier vor, unter dem Mikroskop finden sich dann amorphe Massen.

Kleistertrübes Bier färbt sich mit Jodtinktur rot oder blau, welche Erscheinung übrigens auch nicht trübes, jedoch Zwischenprodukte von Dextrin und Stärke (Erythrodextrin) enthaltendes Bier zeigen kann; eiweisstrübes Bier klärt sich beim Erwärmen.

Im Bodensatz von Neigebier oder aus zusammengegossenen Bierresten finden sich Pech und Reste von Fasern, organischen vegetabilischen Stoffen, von Speisen u. s. w.

c) Chemische Bestandteile.

Zur Bestimmung der chemischen Bestandteile wird das Bier geschüttelt und filtriert, um es von Kohlensäure und suspendierten Stoffen zu befreien. Alle Bestandteile werden in g in 100 g Bier angegeben. **Chemische Bestandteile**

1. Spezifisches Gewicht. Dasselbe wird mittelst der Westphalschen Wage bei 15° C gemessen. **Spezifisches Gewicht**

2. Extrakt. In einem tarierten Becherglas werden 100 g Bier genau abgewogen, das Becherglas wird auf **Extrakt**

*) Jörgenssen. Die Mikro-Organismen der Gärungsindustrie. 1886 und Aubry, Bericht über die V. Versammlung bayr. Chemiker. Berlin 1887. Seite 12.

eine Asbestplatte gestellt und das Bier unter Vermeidung des Kochens auf etwa 30 ccm eingedampft, wodurch der Alkohol völlig verjagt wird. Die noch heisse Flüssigkeit wird mit 50 ccm Wasser versetzt und nach dem völligen Erkalten mit Wasser wieder auf das ursprüngliche Gewicht gebracht und gut durchmischt.

Man hat jetzt eine alkoholfreie Extraktlösung, deren spezifisches Gewicht man bei 15° C mittelst der Westphalschen Wage bestimmt.

Aus der Tabelle von Schultze-Ostermann (XIV S. 295) entnimmt man dann den dem spezifischen Gewichte entsprechenden Extraktgehalt des Bieres.

Beispiel: 100 g Bier eingedampft auf 30 ccm und wieder auf 100 g aufgefüllt, ergaben eine Extraktlösung mit dem spezifischen Gewicht 1,0286 bei 15° C.

Der Extraktgehalt des Bieres ist sonach 7,36 g in 100 g.

Alkohol

3. Alkohol. a) indirekt. Wenn man das spezifische Gewicht des Bieres und der Extraktlösung kennt, so kann man daraus das spezifische Gewicht einer (gedachten) Alkohollösung von gleichem Volumen berechnen.

Man addiert zum spezifischen Gewicht des Bieres 1,0000 und subtrahiert von der Summe das spezifische Gewicht der Extraktlösung.

Man erhält dann das spezifische Gewicht der Alkohollösung und entnimmt aus der Holznerschen Tabelle XV (S. 296) den entsprechenden Alkoholgehalt.

Beispiel:

Spezifisches Gewicht des Bieres . . 1,0219,
" " der Extraktlösung 1,0286.

$$(1,0219 + 1,0000) - 1,0286 = 0,9933.$$

Diesem spezifischen Gewicht entspricht nach Holzner ein Alkoholgehalt von 3,72 g in 100 g Bier.

Tabelle XIV.

Extrakt-Tabelle

nach Schultze-Ostermann.

100 g Bier enthalten g Extrakt.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.011	.	.	.	.	.	3.00	3.03	3.06	3.08	3.11
2	3.13	3.16	3.18	3.21	3.24	3.26	3.29	3.31	3.34	3.37
3	3.39	3.42	3.44	3.47	3.49	3.52	3.55	3.57	3.60	3.62
4	3.65	3.67	3.70	3.73	3.75	3.78	3.80	3.83	3.86	3.88
5	3.91	3.93	3.96	3.98	4.01	4.04	4.06	4.09	4.11	4.14
6	4.16	4.19	4.21	4.24	4.27	4.29	4.32	4.34	4.37	4.39
7	4.42	4.44	4.47	4.50	4.52	4.55	4.57	4 60	4.62	4.65
8	4.67	4.70	4.73	4.75	4.78	4.80	4 83	4.85	4.88	4 90
9	4.93	4.96	4.98	5.01	5.03	5.06	5.08	5.11	5.13	5.16
1.020	5.19	5.21	5.24	5.26	5.29	5.31	5.34	5.36	5.39	5.41
1	5.44	5.47	5.49	5.52	5.54	5.57	5.59	5.62	5.64	5.67
2	5.69	5.72	5.74	5.77	5.80	5.82	5.85	5.87	5.90	5.92
3	5.95	5.97	6.00	6.02	6.05	6.08	6.10	6.13	6.15	6.18
4	6.20	6.23	6.25	6.28	6.30	6.33	6 35	6.38	6.40	6.43
5	6.45	6.48	6.50	6.53	6.55	6.58	6.61	6.63	6.66	6.68
6	6.71	6.73	6.76	6.78	6.81	6.83	6.86	6.88	6.91	6.83
7	6.96	6.98	7.01	7.03	7.06	7.08	7.11	7.13	7.16	7.18
8	7.21	7.24	7.26	7.29	7.31	7.34	7.36	7.39	7.41	7.44
9	7.46	7.49	7.51	7.54	7.56	7.59	7.61	7.64	7.66	7.69
1.030	7.71	7.74	7.76	7.79	7.81	7.84	7.86	7.89	7.91	7.94
1	7.99	8.01	8.04	8.06	8.09	8.11	8.14	8.16	8.19	8.21

Tabelle XV.

Alkohol-Tabelle

nach Holzner.

100 g Bier enthalten g Alkohol.

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0.997	1.12	1.17	1.22	1.28	1.33	1.38	1.44	1.49	1.54	1.60
6	1.65	1.71	1.77	1.82	1.88	1.94	2.00	2.05	2.11	2.17
5	2.22	2.28	2.34	2.40	2.45	2.51	2.57	2.62	2.68	2.74
4	2.80	2.85	2.91	2.97	3.03	3.08	3.14	3.20	3.26	3.31
3	3.37	3.43	3.49	3.54	3.60	3.66	3.72	3.77	3.83	3.89
2	3.95	4.00	4 07	4.13	4.19	4.25	4.31	4.37	4.44	4.50
1	4.56	4.62	4.69	4.75	4.81	4.87	4.93	5.00	5.06	5.12
0	5.18	5.25	5.31	5.37	5.43	5.49	5.56	5.62	5.69	5.75
0,989	5.82	5.89	5.96	6.02	6.09	6.16	6.23	6.29	6.36	6.43
8	6.50	6.57	6.63	6.70	6.77	6.84	6.90	6.97	7.04	7.11

b) Direkt. 75 g Bier werden bis auf 25 ccm abdestilliert, das Destillat wird in einem Piknometer*) aufgefangen, gut durchmischt und aus den bekannten Daten das spezifische Gewicht des Destillates und dessen prozentischer Alkoholgehalt berechnet. Die Alkoholmenge wird dann auf die Mengc des Destillates und auf 100 g Bier umgerechnet.

Um das spezifische Gewicht einer Flüssigkeit mittelst eines Piknometers zu bestimmen, hat man das Piknometer

1. leer und vollkommen trocken,
2. mit destilliertem Wasser von 15° C Temperatur bis genau an die Marke gefüllt,
3. mit der Flüssigkeit, deren spezifisches Gewicht bestimmt werden soll, bei 15° C Temperatur bis genau zur Marke gefüllt,

zu wägen

*) Preis bei J. Greiner. 50 ccm Inhalt ℳ 2,50 — 3,50 Trichter dazu ℳ 0,30.

Zieht man von dem in den Wägungen 2 und 3 gefundenen Gewicht das Gewicht des Piknometers (1) ab, so erhält man die Gewichte gleicher Volumen destillierten Wassers und der zu untersuchenden Flüssigkeit. Man dividiert dann das Gewicht der Flüssigkeit durch das Gewicht des gleichen Volumens destillierten Wassers und erhält das spezifische Gewicht der zu untersuchenden Flüssigkeit.

Zum Beispiel: 75 g Bier destilliert:

Piknometer mit Destillat . .	72,045 g
„ leer	22,590 g
Destillat	49,455 g
Dasselbe Volumen Wasser wiegt	50,043

also spezifisches Gewicht des Destillates $= \frac{49,455}{50,043} = 0,9883.$

In 100 g des Destillates sind nach Holzner 6,90 g Alkohol enthalten, man hat somit den Ansatz:

$$100 : 6,90 = 49,455 : x, \text{ woraus } x = \frac{6,90 \times 49,455}{100} = 3,412,$$

d. h. 49.455 g Destillat oder 75 g Bier enthalten 3,412 g Alkohol.

Nach dem Ansatz

$$75 : 100 = 3,412 : y, \text{ woraus } y = \frac{100 \times 3,412}{75} = 4,55$$

erhält man dann den Gehalt des Bieres an Alkohol in Prozenten, d. h. 100 g Bier enthalten 4.55 g Alkohol.

4. Säuregrad oder Acidität. 50 g Bier werden zur Vertreibung der letzten Kohlensäurereste auf 40° C erwärmt und dann mit $^1/_{10}$ Normalnatron mittelst Tüpfelmethode auf rotes Lakmuspapier titriert. Acidität

Man nimmt nämlich, nachdem man das Bier nach jedem Zulauf von je 5 Tropfen $^1/_{10}$ Natronlauge mit einem Glasstab gut durchmischt hat, mittelst des Glasstabes einen Tropfen heraus und bringt ihn auf neutrales Lakmuspapier. Die Flüssigkeit durchdringt das Papier an der Peripherie des Tropfens und ruft dort eine konzentriertere Wirkung hervor. Man setzt so lange $^1/_{10}$ Natronlauge zu, bis die Peripherie des Tropfens deutlich blau ist.

Man berechnet den Verbrauch an $^1/_{10}$ Normalalkali auf 100 g Bier durch Multiplikation mit 2 und dividiert

mit 10, weil man die Acidität in ccm Normalalkali (und nicht $^1/_{10}$ Normalalkali) pro 100 g Bier angiebt, z. B.:

50 g Bier brauchten 3,8 ccm $^1/_{10}$ Normalnatron,
also 100 g $2 \times 3,8 = 7,6$ „ „ „
oder $7,6 : 10 = 0,76$ ccm Normalnatron,

d. h. die Acidität des Bieres (dessen Säuregrad) war gleich der von 0,76 ccm Normalalkali.

Milchsäure In Analysen giebt man statt der Acidität häufig die Menge der Milchsäure an; um diese zu finden, multipliziert man die Acidität mit 0,09.

$^1/_{10}$ Normal-Natronlauge Die $^1/_{10}$ Normalnatronlauge enthält im Liter 4,000 g Natriumhydrat. Man löst daher 4,000 g reinstes Natriumhydrat in 1 Liter Wasser von 15° C, mischt gut und entnimmt 100 ccm zur Prüfung mit Normaloxalsäure, wovon man 5 ccm aus einer Bürette abmisst, mit ca. 20 ccm Wasser verdünnt und mit einigen Tropfen Phenolphtaleïnlösung versetzt, worauf man die frische Natronlauge aus einer Bürette zufliessen lässt, bis die Farbe deutlich rot wird.

Ist die Lösung zu stark, d. h. braucht man zu 5 ccm Normaloxalsäure weniger als 50 ccm Lauge, z. B. 46 ccm, so muss die Lauge noch verdünnt werden.

Sie ist so stark, dass sie schon in 46 ccm soviel Alkali enthält, als sie in 50 ccm enthalten soll, auf je 46 ccm müssen daher 4 ccm Wasser zugesetzt werden, auf die in der Flasche verbliebenen 900 ccm (100 ccm wurden von 1 Liter zum Titrieren entnommen) sind daher $\frac{900 \times 4}{46}$ ccm Wasser $= 78,2$ ccm zuzusetzen.

Ist die Lösung zu schwach, d. h. braucht man zu 5 ccm Normaloxalsäure mehr als 50 ccm Lauge, z. B. 54 ccm, so muss noch Natriumhydroxyd zugesetzt werden.

Wenn 4 g Natriumhydrat im Liter gelöst wurden, so sind hievon 54 ccm nötig zur Neutralisation einer Oxalsäuremenge, welche von 50 ccm hätte neutralisiert sein sollen.

Man hätte daher $\frac{4 \times 54}{50}$ ccm Natriumhydrat, oder 4,32 g in 1 Liter lösen sollen, muss also auf 1 Liter noch 0,320, oder auf die noch vorhandenen 900 ccm 0,288 g Natriumhydrat zusetzen.

Die korrigierten Lösungen sind selbstverständlich nochmals auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

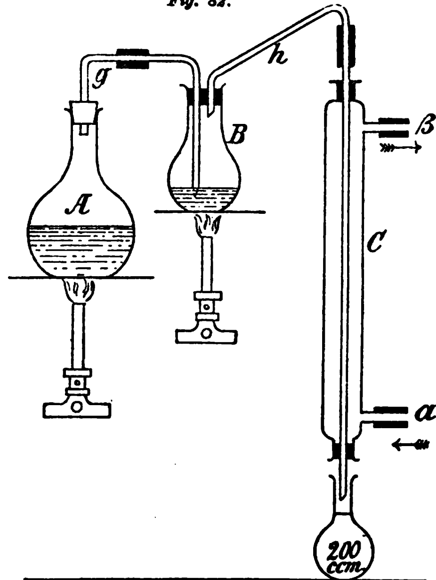
Essigsäure In verdorbenem Bier tritt neben Milchsäure Essigsäure auf. Zur Bestimmung derselben werden von

50 g Bier im Wasserdampfstrome 200 ccm Destillat hergestellt und letzteres mit $^1/_{10}$ Natronlauge und Phenolphtaleïn titriert. Die Berechnung erfolgt auf 100 g Bier und ccm Normalalkali oder auf Essigsäure.

Man stellt sich den von Landmann angegebenen Destillationsapparat in folgender Weise zusammen:

Ein Kolben *A* von 400 ccm Inhalt wird mit 300 ccm destilliertem Wasser beschickt, von demselben führt ein Glasrohr *g* in einen kleineren Kolben *B* von 150 ccm Inhalt, welcher 50 ccm Bier und eine Messerspitze voll Tannin zur Verhütung des Schäumens enthält.

Fig. 82.



Durch den doppelt durchbohrten Pfropfen von *B* geht die Röhre *g* bis fast auf den Boden von *B* und ist dort verengt, ein unter dem Stopfen abschneidendes Glasrohr *h* ist 6 mm weit, anfangs aufsteigend und dann mit einem Kühler *C* verbunden.

Als Vorlage dient ein 200 ccm Kölbchen.

Man bringt das Wasser in *A* in heftiges Kochen und erhitzt gleichzeitig das Bier in *B*; sowie die Wasserdämpfe mit grosser Gewalt das Bier durchströmen, mässigt man die Flamme unter *B*.

Das Erhitzen ist auf freiem Feuer, lediglich auf Drahtnetzunterlagen, auszuführen.

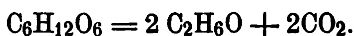
Mineralstoffe

5. Mineralstoffe. (Asche.) 50 g Bier werden in einer Platinschale auf dem Wasserbad zur Trockne verdampft, über einer kleinen Flamme verkohlt, völlig weiss gebrannt und nach dem Erkalten im Schwefelsäureexsikator gewogen.

Würzekonzentration

6. Würzekonzentration. Die Würzekonzentration giebt an, wieviel Prozent Extrakt die noch nicht vergorene Bierwürze enthielt.

Der Zucker der Würze wird durch die Hefe erst invertiert und zerfällt dann bei der Gärung nach folgender Gleichung:



$$C_6H_{12}O_6 = 2\,C_2H_6O + 2CO_2.$$

d. h. aus 100 Gewichtsteilen Zucker bilden sich rund
50 Gewichtsteile Alkohol und
50 „ Kohlensäure.

Wenn man daher den Alkoholgehalt des Bieres verdoppelt, so erhält man annähernd die Menge des vergorenen Zuckers.

Der ursprüngliche Extrakt der Würze, die Würzekonzentration E, setzt sich zusammen:

1. aus dem noch vorhandenen Extrakt des Bieres $= e$,
2. dem vergorenen Zucker, ausgedrückt durch den doppelten Alkoholgehalt des Bieres . . . $= 2a$,

also $E = 2\,a + e$.

Beispiel:

Alkoholgehalt eines Bieres = 3,72 g in 100 g,
Extraktgehalt „ „ = 7,36 g „ 100 g.

Der vergorene Zucker ist dann gleich 2 × 3,72 g, also

$$E = 2 \times 3{,}72 + 7{,}36$$
$$= 7{,}440 + 7{,}36$$
$$= 14{,}80\ \%.$$

Die ursprüngliche Würzekonzentration war also 14,80 %, d. h. 100 g Würze enthielten 14,80 g Extrakt.

Die genauere Formel, statt $E = 2\,a + e$, ist

$$E = \frac{2{,}0665 \times a + e}{100 + 1{,}0665 \times a}\ \%.$$

Wirklicher Vergärungsgrad

7. Wirklicher Vergärungsgrad. Der wirkliche Vergärungsgrad giebt an, wieviel Prozent des ursprünglichen Würzeextrakts bereits vergoren sind.

Der vergorene Zucker beträgt, wie unter 6. ausgeführt, $2\,a$ g; man hat also den Ansatz:

Ursprünglich vorhandener Extrakt	:	vergorenem Zucker	
E	:	$2\,a$	$= 100 : x$,
oder E	:	$E - e$	$= 100 : x$,

$$\text{also } x = \frac{100 \times 2\,a}{E}\ \% = \frac{100\,(E - e)}{E}\ \%.$$

Beispiel:

Alkoholgehalt des Bieres	3,72 g % $= a$
Extraktgehalt „ „	7,36 g % $= e$
Würzekonzentration	14,80 g % $= E$

somit $14{,}80 : 2 \times 3{,}72 = 100 : x$

$$\text{woraus } x = \frac{100 \times 7{,}44}{14{,}80}\ \% = 50{,}2\ \%,$$

d. h. von dem ursprünglichen Extrakt der Würze (14,80 %) sind im Bier bereits 50,2 % zu Alkohol und Kohlensäure vergoren.

Maltose

8. Maltose. 10 ccm Bier werden mit destilliertem Wasser auf 100 ccm verdünnt, gut gemischt, und je 5 ccm hievon in 10 Reagensgläser, die in einem sternförmigen Träger*) aufgestellt sind, gebracht. In die Gläser giebt man ferner Fehlingsche Lösung und zwar wechselnde Mengen; in das erste Glas 1,5 ccm, in das zweite 1,4 ccm u. s. w., in jedes folgende Glas 0,1 ccm weniger. Man mischt die Flüssigkeiten gut durch und stellt dann das Stativ 10 Minuten lang in ein kochendes Wasserbad.

Die Maltose reduziert die Fehlingsche Lösung zu Kupferoxydul, das sich als roter Niederschlag absetzt, die Flüssigkeit ist, wenn sie zu viel Fehlingsche Lösung enthielt, blau oder grün, wenn sie zu viel Maltose enthielt, gelb gefärbt.

Man sucht nun, indem man das Stativ mit den Gläsern auf weisses Papier stellt, jenes Glas auf, welches weder unzersetzte

*) Preis komplett bei J. Greiner, München. 16 ℳ, Pipette 3 ℳ.

Fehlingsche Lösung, noch überschüssige Zuckerlösung enthielt, welches also weder grün noch gelbgefärbte Flüssigkeit zeigt.

Die in diesem Glas enthaltene Menge Fehlingsche Lösung wird eben durch 5 ccm des auf das Zehnfache verdünnten Bieres reduziert. Die zur Reduktion dieser Menge Fehlingscher Lösung nötige Maltosemenge ist aber bekannt, weil 1 ccm Fehlingsche Lösung durch 0,0075 g Maltose reduziert wird, man kann daher den Maltosegehalt des Bieres leicht berechnen.

Die folgende Tabelle giebt bei einem Verbrauch von 0,6—1,5 ccm Fehlingscher Lösung für 5 ccm des auf das 10fache verdünnten Bieres den Maltosegehalt in 100 ccm Bier direkt an:

Tabelle XVI.

ccm Fehlingsche Lösung	g Maltose in 100 ccm	ccm Fehlingsche Lösung	g Maltose	ccm Fehlingsche Lösung	g Maltose
0.6	0.900	0.9	1.350	1.20	1.800
0.65	0.975	0.95	1.425	1.25	1.875
0.7	1.050	1.0	1.500	1.3	1.950
0.75	1.125	1.05	1.575	1.35	2.025
0.8	1.200	1.1	1.650	1.4	2.100
0.85	1.275	1.15	1.725	1.45	2.175
				1.5	2.250

Zum Beispiel: 10 ccm Bier wurden auf 100 ccm verdünnt und je 5 ccm in Reagensgläser, welche 1,5—0,6 ccm Fehlingsche Lösung enthielten, gegeben.

Nach 10 Minuten langem Stehen im kochenden Wasserbad war die Flüssigkeit im Glas mit

0,8 ccm Fehlingscher Lösung deutlich gelb,
0,9 „ „ „ an der Grenze von gelb und grün,
1,0 „ „ „ deutlich grün.

Somit enthielten 5 ccm des verdünnten Bieres so viel Maltose, dass diese eben 0,9 ccm Fehlingsche Lösung reduzierte.

Nach dem Ansatz 1 : 0,0075 = 0,9 : x, woraus
x = 0,00675 g Maltose werden 0,9 ccm Fehlingsche Lösung durch 0,00675 g Maltose eben reduziert, also enthielten 5 ccm verdünntes Bier 0,00675 g Maltose.

Der Maltosegehalt in 100 ccm Bier ist dann

$$20 \times 0,00675 = 1,350 \text{ g.}$$

Dextrin

9. Dextrin. 50 g Bier werden mit 20 ccm Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1,125 und 130 ccm Wasser drei Stunden lang im kochenden Wasserbad invertiert, filtriert, nach dem Erkalten

genau mit Natronlauge neutralisiert, auf 500 ccm aufgefüllt und 12 Stunden stehen gelassen.

Man filtriert und titriert das Filtrat gegen Fehlingsche Lösung, wie auf Seite 213 angegeben.

Durch die Inversion ist sowohl das Dextrin als auch die Maltose in Dextrose umgewandelt worden, man hat daher die Gesamtdextrose zu vermindern um die aus Maltose gebildete.

Man erfährt letztere, indem man die Menge der Maltose multipliziert mit $\frac{20}{19}$.

Der Rest der Dextrose multipliziert mit 0,9 giebt Dextrin.

Zum Beispiel: 100 g Bier enthielten 1,35 g Maltose. 10 ccm Fehlingsche Lösung wurden durch 8 ccm der nach obiger Vorschrift erhaltenen Dextroselösung reduziert, es enthielten daher 8 ccm 0,05 g Dextrose, somit

500 ccm oder 50 g Bier 3,125 g Dextrose.

Aus 100 g Bier wurden sonach durch die Inversion

$2 \times 3{,}125$ g $= 6{,}250$ g Dextrose gebildet;

hievon treffen auf aus Maltose gebildete Dextrose

$\frac{20}{19} \times 1{,}35$ g $= 1{,}42$ g Dextrose:

somit	Gesamtdextrose . . .	6,25 g
	Dextrose aus Maltose .	1,42 g
	Dextrose aus Dextrin .	4,83 g

In 100 g Bier sind dann $0{,}9 \times 4{,}83$ g $= 4{,}347$ g Dextrin enthalten.

10. Glycerin. 50 g Bier werden in einer Porzellanschale auf dem Wasserbad auf etwa 20 ccm eingedampft, mit 3 g gestossenem Ätzkalk und 5 g Seesand gut verrieben und bis zur völligen Trockne verdampft. Die erhaltene Masse wird zu einem feinen Pulver zerrieben, in eine Papierpatrone gebracht und in den Sendtnerschen Extraktionsapparat gegeben. Glycerin

Man extrahiert 8 Stunden lang mit absolutem Alkohol, wozu man das Kölbchen mit dem Alkohol auf eine Platte aus Asbestpappe, nicht auf ein Wasserbad stellt, dampft dann die Alkohollösung auf etwa 10 ccm ein, versetzt diese mit 25 ccm Äther und lässt die Mischung 12 Stunden lang verschlossen stehen.

Man filtriert dann die Lösung ab, wäscht mit einer Mischung von 1 Teil Alkohol und 2 Teilen Äther aus, bringt das Filtrat in ein gewogenes Wägegläschen und verdunstet Alkohol und Äther. Den Rückstand trocknet man bei 100° C bis zur Gewichtskonstanz und wägt ihn nach dem Erkalten über Schwefelsäure als Glycerin.

Stickstoff-substanzen

11. Stickstoffsubstanzen. 50 g Bier werden in einem Kjehldalschen Zersetzungskölbchen auf 25 ccm eingedampft, nach dem Erkalten mit einigen Hefezellen versetzt und bei 30° C vergoren. Die rückständige Flüssigkeit wird nach den Vorschriften auf Seite 239 weiterbehandelt.

Kali und Natron

12. Kali und Natron. Die Asche aus 100 g Bier wird in verdünnter Salzsäure gelöst, die Lösung abfiltriert, der Rückstand ausgewaschen und das Filtrat mit alkalifreier Barythydratlösung in geringem Überschuss versetzt.

Der entstehende Niederschlag (Magnesiumhydrat, schwefelsaurer und phosphorsaurer Baryt und phosphorsaurer Kalk) wird abfiltriert, das Filtrat mit Ammonkarbonatlösung im Überschuss und etwas Ammonoxalatlösung versetzt, aufgekocht und der entstehende Niederschlag (Kalk- und Barytkarbonat und Oxalat) abfiltriert.

Das Filtrat wird mit etwas Ammonkarbonat- und Ammonoxalatlösung versetzt und auf dem Wasserbad in einer Platinschale zur Trockne verdampft. Der Rückstand wird zur Entfernung der Ammonsalze gelinde geglüht, in Wasser gelöst und mit einigen Tropfen Ammonkarbonat- und Ammonoxalatlösung neuerdings zur Trockne verdampft.

Der Rückstand wird wieder in Wasser gelöst, von den jetzt unlöslich bleibenden Resten von Kalk und Magnesia abfiltriert, die Lösung in einer Platinschale zur Trockne verdampft und der Rückstand gelinde geglüht und nach dem Erkalten im Schwefelsäure-Exsikator als Gesamtmenge der Chloralkalien gewogen.

Kali

Man löst dieselben in Wasser, spült die Lösung in eine Porzellanschale, versetzt sie mit überschüssiger Platinchloridlösung und dampft sie auf dem Wasserbad zur völligen Abscheidung des Kaliumplatinchlorids bis zur Sirupdicke ein.

Man übergiesst nun den Rückstand mit Alkohol von 80 Vol.%, wobei der Alkohol sich gelb färben muss, da andernfalls zu wenig Platinchloridlösung zugesetzt worden war, und filtriert das unlöslich bleibende Kaliumplatinchlorid auf einem vorher bei 100° C getrockneten und gewogenen Filter ab, wäscht mit Alkohol von 80% aus, trocknet neuerdings bei 100° C bis zur Gewichtskonstanz und wägt als Kaliumplatinchlorid.

1 g Kaliumplatinchlorid = 0,193 g Kaliumoxyd (Ka_2O)
(Ka_2PtCl_6) = 0,305 g Kaliumchlorid ($KaCl$).

Das erhaltene Kaliumplatinchlorid wird auf Kaliumoxyd und Kaliumchlorid umgerechnet.

Die Menge des letzteren abgezogen von der Gesamtmenge der Chloralkalien giebt das Natriumchlorid, das auf Natriumoxyd umgerechnet wird **Natron**

1 g Natriumchlorid = 0,53 g Natriumoxyd.

Beispiel: 100 g Bier gaben 0,285 g Asche.

Die Gesamtmenge der Chloralkalien betrug 0,2036 g

Die Menge des Kaliumplatinchlorids hieraus 0,492 g.

Es entsprechen 0.492 g Kaliumplatinchlorid

0,492 × 0,193 = 0,095 g Kaliumoxyd,

0,492 × 0,305 = 0,150 g Kaliumchlorid.

Gesamtmenge der Chloralkalien	0,2036 g
Kaliumchlorid	0,1500 g
Natriumchlorid	0,0536 g,

Es entsprechen 0,0536 g Natriumchlorid

0,0536 × 0,53 = 0,0284 g Natriumoxyd.

100 g Bier, oder 0,285 g Asche enthalten somit

0,095 g Kaliumoxyd,

0,0284 g Natriumoxyd.

oder in Prozenten der Asche: 100 g Asche enthalten

33,3 % Kaliumoxyd,

10,0 % Natriumoxyd.

13. Phosphorsäure. Die Asche aus 100 g Bier wird in verdünnter Salpetersäure gelöst, die Lösung auf dem Wasserbad zur Trockne verdampft, der Rückstand in 50 ccm Wasser und einige Tropfen Essigsäure gelöst und in ein Becherglas gespült. **Phosphorsäure**

In dieser Lösung wird die Phosphorsäure massanalytisch mittelst Uranlösung bestimmt.

Man braucht hiezu folgende Lösungen:

1. eine Uranlösung, wovon 1 ccm = 0,005 g P_2O_5. Man löst 32,5 g Uranacetat (Ur_2Ac_3 + 2aq) mit Wasser zu 1000 ccm,
2. eine Natriumacetatlösung: man löst 100 g Natriumacetat in 900 ccm Wasser und füllt mit Essigsäure vom spezifischen Gewicht 1,04 auf 1000 ccm auf,
3. eine Natriumphosphatlösung zur Titerstellung der Uranlösung. Man löst 10,087 g reines, nicht verwittertes krystallisiertes Natriumphosphat in Wasser zu 1 Liter auf. 1 ccm = 0,002 g P_2O_5.

Die Lösung der Bierasche wird mit 5 ccm Kochenilletinktur versetzt und mit Natronlauge eben neutralisiert, worauf man 5 ccm obiger Natriumacetatlösung zusetzt und die Flüssigkeit zum Kochen erhitzt. Man lässt nun unter Umrühren mit einem Glasstab aus einer Bürette solange Uranacetatlösung zur kochenden Flüssigkeit fliessen, bis die Farbe der Kochenilletinktur aus rot

in grün überschlägt. Den genauen Endpunkt stellt man fest, indem man einen Tropfen der Flüssigkeit auf einer Porzellanplatte mit einem Tropfen Ferrocyankaliumlösung zusammenbringt; sowie alle Phosphorsäure ausgefällt und etwas Uranlösung im Überschuss ist, tritt beim Berühren beider Tropfen eine Braunfärbung ein, die sich nach kurzer Zeit verstärkt. Man notiert dann den Verbrauch an Uranlösung und berechnet auf Phosphorsäure.

Beispiel: Die Asche aus 100 g Bier wie oben behandelt erforderte bis zum Auftreten der Uranreaktion gegen Ferrocyankaliumlösung einen Zusatz von 16 ccm Uranlösung.

Es ist 1 ccm Uranlösung	= 0,005 g	Phosphorsäure (P_2O_5)
also sind 16 ccm „	= 0,080 g	„ „
somit enthalten 100 g Bier	0,080 g	Phosphorsäure

Salicylsäure

14. Salicylsäure. Man versetzt 200 ccm Bier mit einigen Tropfen konzentrierter Schwefelsäure und bringt sie in einen Trichter, dessen Rohr durch einen Gummischlauch mit Quetschhahn verschlossen ist. Durch leichtes Öffnen des letzteren lässt man das Bier in einen 250 ccm Cylinder tropfen, der 30 ccm Äther enthält, wodurch im Bier enthaltene Salicylsäure in den Äther übergeht. Man hebt den Äther ab und verdampft ihn in einem Porzellanschälchen auf dem Wasserbad.

Den Rückstand löst man in einigen Tropfen Wasser und setzt einen Tropfen Eisenchloridlösung zu: bei Gegenwart von Salicylsäure tritt Violettfärbung ein, bei Abwesenheit von Salicylsäure kaum eine grüngraue Färbung.

Schweflige Säure

15. Schweflige Säure. 200 ccm Bier werden mit 1 ccm Phosphorsäure versetzt und hievon 50 ccm in eine Absorptionsröhre (Peligotsche Röhre) abdestilliert, welche 20 ccm Jodjodkaliumlösung nach Haas enthält. Die überdestillierende schweflige Säure wird durch die Jodlösung zu Schwefelsäure oxydiert. Die Flüssigkeit in der Peligotschen Röhre wird in ein Becherglas gespült, mit 3 ccm konzentrierter Salzsäure versetzt und gekocht, bis sie nahezu farblos geworden ist, worauf man Baryumchloridlösung zusetzt, das gefällte Baryumsulfat nach sechsstündigem Stehen abfiltriert, trocknet, glüht und wägt.

1 g Baryumsulfat = 0,275 g schweflige Säure (SO_2).

16. Hopfensurrogate. Zum Nachweis von Hopfensurrogaten, wozu grössere Mengen von Bier nötig sind, verfährt man nach Dragendorff.*) Hopfensurrogate

Beurteilung des Bieres.

Gutes, dem bayrischen Geschmack entsprechendes Bier soll völlig klar, glanzhell, vollmundig und von angenehmem Geschmack und hinreichendem Kohlensäuregehalt, also nicht schal sein. Beurteilung

Nicht zulässig ist trübes Bier, falls die Trübung von Bakterien, wilden Hefen oder normaler Bierhefe herrührt. Harz-, eiweiss- oder kleistertrübes Bier ist unschädlich. Ein leichter Hefenschleier ist zu gestatten, dagegen nicht hefetrübes, unausgegorenes Bier.

Nicht zulässig ist ferner saures, schales oder unangenehm riechendes und schmeckendes Bier, Unterständer-, Neige- und Restbier, ferner gefälschtes Bier.

Verdorbenes (von Bakterien oder wilden Hefen getrübtes) und entsäuertes Bier ist immer gesundheitsschädlich, unausgegorenes und gefälschtes Bier nur unter Umständen.

Zur Beurteilung der Biere bietet die chemische Analyse wichtige Handhaben:

1. Unausgegorenes Bier ist gekennzeichnet durch Trübung von normaler Bierhefe, durch hohen Gehalt an Maltose und einen wirklichen Vergärungsgrad von über 48%. Es kommen jedoch auch vollkommen klare und normale Biere mit einem niedrigeren Vergärungsgrad als 48% vor, bei welchen aber die Vergärungsfähigkeit durch reine Hefe völlig beendet ist, so dass selbst Biere mit 44% Vergärungsgrad unter dieser Bedingung nicht zu beanstanden sind.

2. Verdorbenes Bier ist gekennzeichnet durch Bakterientrübung, Trübung von wilden Hefen, Essigsäurepilzen, auffälligen Geschmack oder Schalsein.

Das Bier ist sauer, wenn die Gesamtacidität für

*) Chem. Centralblatt 1881. S. 286, 298.

100 g Bier 3 ccm Normalkali oder die Essigsäureacidität 1 ccm Normalalkali überschreitet.

Neig-, Tropf- oder Restbier enthält gewöhnlich Fragmente fremder Körper: Brot, Tabak, Käse, Fasern u. s. w., ist schal und oft von auffällig niederem Alkoholgehalt.

Manche Biere besitzen einen Gärgeschmack und sind oft ungeniessbar, wenn auch nicht gesundheitsschädlich.

3. Gefälschtes Bier. Entsäuertes, mit Natriumbikarbonat versetztes oder mit Mussierpulver aufgefrischtes Bier besitzt meist einen Aschengehalt von über 0,3 g für 100 g Bier und eine Acidität von unter 1,2 g Normalalkali.

Malzsurrogate wurden verwendet, wenn der Stickstoffgehalt des Bieres unter 0,65 % des Bierextraktes sinkt oder wenn der Phosphorsäuregehalt abnorm nieder ist.

Glycerinzusatz liegt vor, wenn aus 100 g Bier nach der beschriebenen Methode mehr als 0,25 g Glycerin zu erhalten sind.

Die Verwendung von Hopfensurrogaten ist ziemlich selten und erfordert deren Nachweis die Reindarstellung des Surrogates und Kontrollversuche mit reinem Bier und solchem, das mit dem Surrogat versetzt ist.

Konservierungsmittel sind in geringsten Mengen nachweisbar, und machen das Bier gesundheitsschädlich. Geringe Spuren schwefliger Säure können durch Verwendung geschwefelten Hopfens und Reinigen der Bottiche mit saurem schwefligsaurem Kalk in das Bier gelangen, ein absichtlicher Zusatz ist erst anzunehmen, wenn mehr als 10 mg schweflige Säure in 1000 g Bier enthalten sind.

Klärmittel wie Hausenblase, Raja clavata, Haselnuss- und Sassafrasspäne sind nicht als Fälschungsmittel anzusehen, da sie keine Bestandteile an das Bier abgeben, dagegen ist Süssholz als geringwertiges Malzsurrogat zu erachten.

Eine gewisse Würzekonzentration kann nicht gefordert werden, in der Regel ist

Scheps	mit	8—10 %
Schenkbier	„	10—12 %
Lagerbier	„	12—14 %

eingesotten. Luxusbiere, wie Bock und Lokalbiere (engl. Biere, Porter, Ale, Bremer Seefahrtsbiere, Salvator u. a.), erhalten noch stärkere Konzentrationen.

Schwach eingesottene und mit Wasser nach vollendetem Brau- und Gärprozess verdünnte Biere sind sehr schlecht haltbar, und verderben sehr rasch, dasselbe gilt von Bieren mit niedrigem Vergärungsgrad, hohem Maltosegehalt und gleichzeitiger Pilzverunreinigung.

Eingedickte Bierwürze gelangt teils für sich als Malzextrakt, teils mit Bier vermischt, als diätetisches Mittel in den Handel. **Malzextrakt**

Malzextrakt soll frei sein von beigemengtem Traubenzucker, Salicylsäure und sonstigen Konservierungsmitteln.

Die Untersuchung erfolgt nach den unter „Bier“ angegebenen Methoden.

Litteratur: Linter, Lehrbuch der Bierbrauerei. Braunschweig, 1877.

J. Thausing, Theorie und Praxis der Malzbereitung und Bierfabrikation. (Leipzig 1877.)

Dammer, Lexikon der Fälschungen Leipzig 1887.

Artikel Bier	S. 105	bearbeitet von L. Aubry, Direktor der wissenschaftlichen Station für Brauerei in München.
„ Hefe	S. 365	
„ Hopfen	S. 370	
„ Malz	S 528	

J. Post, Handbuch der chem.-tech. Untersuchungen. Braunschweig, 1889. Artikel Bier, bearbeitet von L. Aubry.

Wein.

Unter Wein im allgemeinen versteht man ein aus dem Safte von zuckerhaltigen Früchten, im speziellen der Weintrauben, mittelst Selbstgärung hergestelltes alkoholhaltiges Getränk. Unter „Wein“, ohne weitere Bezeichnung, versteht man im gewöhnlichen Leben Traubenwein. Die Trauben oder Früchte werden ausgepresst (gekeltert), der Most wird dann einer Eigengärung überlassen, bei welcher aus dem Traubenzucker **Wein**

durch verschiedene Hefen Alkohol, Kohlensäure, Glycerin, Bouquetstoffe gebildet werden, während die suspendierten oder infolge der Alkoholzunahme ausgeschiedenen Stoffe des Mostes, hauptsächlich Kalium- und Calciumtartarat und Calciumsulfat, als Fassgeläger abgeschieden werden.

Der abgezogene Wein ist klar, von hellgelber bis dunkelroter Farbe und besitzt einen durch die sog. Bouquetstoffe bedingten ätherischen Geruch (Blume) und einen spezifischen Geschmack (Körper).

Weine, welche einen grösseren Anteil unzersetzten Zuckers enthalten, heissen Süssweine, sie werden durch Gärung aus konzentriertem Most, oder durch Unterbrechung der Gärung durch Alkoholzusatz gewonnen.

Die Zusammensetzung der Weine wechselt in weiten Grenzen, ein Bild der durchschnittlichen Zusammensetzung verschiedener Weine giebt folgende Tabelle:

Tabelle XVII.

In 100 ccm g:	Weisswein	Rotwein	Süsswein	Obstwein
Extrakt	2.10	2.25	13.26	2.69
Alkohol	7.07	8.11	11.69	5.12
Glycerin	0.692	0.735	1.06	0.48
Gesamtsäure als Weinsäure	0.656	0.604	0.558	0.448*)
Zucker	0.220	0.150	10.56	0.256
Mineralstoffe	0.188	0.220	0.179	0.294
Farb- und Gerbstoff	0.200	0.400	—	0.200
Drehung im 200 mm Rohr	± 0	± 0	-3.3°	± 0
Spez. Gewicht bei 15° C	0.9860	0.9951	1.0319	1.0024

*) als Äpfelsäure.

Krankheiten Die Weine unterliegen verschiedenen Krankheiten, welche meist mikroskopische Lebewesen als Urheber haben und den Wein ungeniessbar und verdorben, wenn auch nicht gesundheitsschädlich machen. Solche Krankheiten sind das Zäh- oder Schleimigwerden der Weissweine, das Schwarz- und Trübwerden, das Bitterwerden u. a.

Die Fälschungen der Weine sind mannigfacher Art. So werden aus Chemikalien vollständige Kunstweine hergestellt, eine Reihe anderer Kunstweine, sog. Façonweine, wird aus getrockneten Trauben (Weinbeeren, Rosinen) unter Beimengung verschiedener Chemikalien dargestellt. **Fälschungen**

Das Scheelisieren, Versüssen des Weines durch Zusatz von Glycerin, ist ebenfalls eine Fälschung.

Das Färben der Weine mit künstlichen Farbstoffen wird häufig gehandhabt und finden hiezu teils künstliche Farbstoffe (Fuchsin, Säurefuchsin, Ponceau, Vinalin u. a.), teils vegetabilische Farbstoffe (Heidelbeeren, Malven) Verwendung.

Das Gypsen (auch Alaunzusatz) der Weine bezweckt Klärung, Haltbarkeit und höheren Glanz, es wird hiedurch Weinsäure und Phosphorsäure ausgeschieden und die Schwefelsäure des Gypses geht als Kalisalz in Lösung.

Zu den „Weinverbesserungsmethoden" leitet über das Petiotisieren, wonach die Weintrester 4—5mal mit Rohrzuckerlösungen vergären, wodurch immer wieder Wein entsteht (Tresterwein).

Von den Fälschungen zu unterscheiden sind die „Weinverbesserungsmethoden", nämlich das Chaptalisieren, wonach zu saurer Most durch Zusatz von Marmorpulver entsäuert und durch Zusatz von Rohrzucker auf einen normalen Zuckergehalt gebracht wird, eine Vermehrung des Mostes sonach nicht stattfindet. **Weinverbesserungsmethoden**

Ferner das Gallisieren, wonach zu saurer Most durch Zusatz von Wasser auf einen normalen Säuregehalt gebracht wird, worauf man dem verdünnten Most Rohrzucker bis zum normalen Gehalt zusetzt. Das Gallisieren bewirkt somit eine Volumvermehrung des Mostes (bis 20%).

In hygienischer Beziehung bietet die Verwendung gesundheitsschädlicher Farben, welche übrigens kaum mehr dargestellt werden, wie auch die Verwendung von

Konservierungsmitteln (Salicylsäure, schweflige Säure) Interesse.

Beim Gallisieren, Chaptalisieren und Petiotisieren wird der Rohrzucker häufig durch unreinen Traubenzucker ersetzt. Solcher Traubenzucker entwickelt bei der Gärung Fuselöl und wirkt damit gesundheitsschädlich.

Zusatz von Gyps, Alaun, wie auch von schlecht gereinigtem Traubenzucker, macht den Wein immer bedenklich, insbesondere, wenn derselbe für Kranke verwendet werden soll.

Giftige Metalle, wie Blei, Kupfer, Zink, können durch Zusatz von löslichen Metallsalzen, teils durch Verwendung von Metallgefässen in den Wein gelangen. Selbst Arsenik ist schon, namentlich in Rotweinen, gefunden worden.

Untersuchung des Weines.

Untersuchung des Weines Die Bestandteile des Weines werden in Grammen pro 100 ccm angegeben.

Die Bestimmungen des spezifischen Gewichtes, der Gesamtmenge der freien Säuren (Acidität), der flüchtigen Säuren, der Mineralstoffe*), der Stickstoffsubstanzen, des Glycerins, werden am zweckmässigsten wie unter „Bier" angegeben ausgeführt.

Die Gesamtmenge der freien Säuren wird als Weinsäure berechnet, 1 ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlauge = 0,0075 g Weinsäure.

Alkohol Zur Bestimmung von Alkohol und Extrakt werden 70 ccm Wein mit 70 ccm Wasser vermischt und hievon genau 70 ccm abdestilliert. Das Destillat wird gut gemischt und dessen spezifisches Gewicht bei 15,5° C mittelst der Westphalschen Wage gemessen. Man schlägt dann den Alkoholgehalt des Weines aus der nachfolgenden Tabelle (XVIII) von Hehner auf.

*) Bei Süssweinen setzt man dem eingedickten Wein zweckmässig etwas aschefreies Vaselin zu, um zu starkes Aufblähen der Kohle zu vermeiden.

Tabelle XVIII.

Alkohol-Tabelle

nach Hehner*) für 15,5° C.

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0.994	2.89	2.94	3.09	3.06	3.12	3.18	3.24	3.29	3.35	3.41
3	3.47	3.53	3.59	3.65	3.71	3.76	3 82	3.88	3.95	4.00
2	4.06	4.12	4.19	4.25	4.31	4.37	4.44	4.50	4.56	4.62
1	4.69	4.75	4.81	4.87	4.94	5.00	5.06	5.12	5.19	5.25
0	5.31	5.37	5.44	5.50	5.56	5.62	5.69	5.75	5.81	5.87
0.989	5.94	6.00	6.07	6.14	6.21	6.28	6.36	6.43	6.50	6.57
8	6.64	6 71	6.78	6.86	6.93	7.00	7.07	7.13	7.20	7.27
7	7.33	7.40	7.44	7.53	7.60	7.67	7.73	7.80	7.87	7.93
6	8.00	8.07	8.14	8.21	8.29	8.36	8.43	8.50	8.57	8 64
5	8.71	8.79	8.86	8 93	9.00	9.07	9.14	9.21	9.29	9 36
4	9.43	9.50	9.57	9.64	9.71	9.79	9.86	9.93	10.00	10.08
3	10.15	10.23	10.31	10.38	10.46	10.54	10.62	10.69	10.77	10.85
2	10.92	11.00	11.08	11.15	11.23	11.31	11.38	11.46	11.54	11.62
1	11.69	11.77	11.85	11 92	12.00	12.08	12.15	12 23	12.31	12.38
0	12.46	12.54	12.62	12.69	12.77	12.85	12.92	13.00	13.08	13.15
0.979	13.23	13.31	13.38	13.46	13.54	13.62	13.69	13.77	13.85	13.92
8	14.00	14.09	14.18	14.27	14.36	14.45	14.55	14.64	14.73	14.82
7	14.91	15.00	15.08	15.17	15.25	15.33	15.42	15.50	15.58	15.67
6	15.75	15.83	15 92	16.00	16.08	16 15	16.23	16.31	16.38	16.46
5	16.54	16.62	16.69	16.77	16.85	16.92	17.00	17.08	17.17	17.25
4	17.33	17.42	17.50	17.58	17.67	17.75	17.83	17.92	18.00	18.08
3	18.15	18.23	18.31	18.38	18.46	18.54	18.62	18.69	18.77	18.85
2	18.92	19.00	18.08	19.17	19.25	19 33	19 42	19.50	19.58	19.67
1	19.75	19.83	19.92	20.00	.	.	.	.	.	.

Um die abgelesenen g Alkohol, welche sich auf 100 g Destillat beziehen, umzurechnen auf 100 ccm Wein,

*) Vollst. Tabelle. Wiesbaden, C. W. Kreidel. 1890. M 1.60.

hat man sie zu multiplizieren mit dem spezifischen Gewicht des Destillates. (Es macht jedoch meist einen nur geringen Fehler, wenn man die Zahlen unkorrigiert stehen lässt.)

Extrakt

Der Rückstand im Destillationskolben wird nach dem Erkalten in einen Messcylinder gespült, mit Wasser genau auf 70 ccm aufgefüllt und gut gemischt, worauf man das spezifische Gewicht der Lösung bei 15 ° C mittelst der Westphalschen Wage bestimmt und den entsprechenden Extrakt aus der Tabelle von Schultze entnimmt.

Tabelle XIX.

Extrakt - Tabelle

nach Schultze.

100 ccm Wein enthalten g Extrakt.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.000	—	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.16	0.18	0.21	0.14
1	0.26	0.29	0.31	0.34	0.37	0.39	0.42	0.45	0.47	0.50
2	0.52	0.55	0.58	0.60	0.63	0.66	0.68	0.71	0.73	0.76
3	0.79	0.81	0.84	0.87	0.89	0.92	0.94	0.97	1.00	1.02
4	1.05	1.08	1.10	1.13	1.16	1.19	1.22	1.24	1.27	1.30
5	1.32	1.35	1.37	1.40	1.42	1.45	1.47	1.50	1.52	1.55
6	1.57	1.60	1.63	1.65	1.68	1.70	1.73	1.75	1.78	1.80
7	1.83	1.85	1.88	1.91	1.93	1.96	1.98	2.02	2.04	2.07
8	2.09	2.12	2.14	2.17	2.19	2.22	2.25	2.27	2.30	3.32
9	2.35	2.37	2.40	2.43	2.45	2.48	2.50	2.53	2.55	2.59
1.010	2.61	2.64	2.67	2.69	2.72	2.74	2.77	2.79	2.82	2.85
1	2.87	2.90	2.92	2.95	2.97	3.00	3.02	3.06	3.09	3.11
2	3.14	3.16	3.19	3.21	3.24	3.27	3.29	3.32	3.34	3.37
3	3.39	3.42	3.46	3.48	3.51	3.53	3.56	3.49	3.61	3.64
4	3.66	3.69	3.71	3.74	3.77	3.79	3.83	3.85	3.88	3.91
5	3.93	3.96	3 98	4.01	.	.	.	.	.	.

Tabelle XIXb.

Für Süssweine (gekürzt):

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.01	2.61	2.87	3.14	3.39	3.66	3.95	4.20	4.46	4.74	5.02
2	5.30	5.56	5.83	6.08	6.34	6.60	6.88	7.18	7.46	7.70
3	7.94	8.18	8.42	8.86	8.96	9.25	9.54	9.80	10.06	10.31
4	10.57	10.83	11.10	11.37	11.64	11.91	12.19	12.45	12.72	12.99
5	13.26	13.53	13.80	14.07	14.34	14.62	14.90	15.18	15.47	15.77
6	16.05	16.30	16.55	16.80	17.06	17.31	17.59	17.86	18.15	18.42
7	18.70	18.96	19.22	19.47	19.74	19.98	20.24	20.48	20.73	20.98
8	21.24	21.52	21.79	22.05	.	.	.	.	.	.
Differenz für 0.000	—	0.026	0.053	0.079	0.106	0.132	0.159	0.175	0.212	0.238

Freie Weinsäure

Freie Weinsäure. Man versetzt 30 ccm Wein mit gefälltem, fein zerriebenem Weinstein, schüttelt wiederholt, filtriert nach einstündigem Stehen ab und versetzt das klare, mit Weinstein gesättigte Filtrat mit 2—3 Tropfen einer 20prozentigen Kaliumacetatlösung. Man lässt nun, indem man Sorge trägt, dass die Temperatur gleich bleibt, 24 Stunden lang stehen; wenn freie Weinsäure vorhanden war, so bildet diese aus dem Kaliumacetat Weinstein, und dieser muss sich aus der bereits gesättigten Lösung abscheiden als weisser krystallinischer Niederschlag.

Vergl. M. Schneider. Über die Bestimmung des Weinsteins, der freien Weinsäure und der Äpfelsäure im Wein u. a. (A. Hilger. Mitteilungen. III. Heft. S. 59. München 1890.)

Gerbstoff

Gerbstoff. Man braucht zur annähernden Bestimmung des Gerbstoffs Reagensröhren von 24 ccm Inhalt, welche in ihrem unteren Teile etwas verengt und in $^1/_{10}$ ccm geteilt sind. Ausserdem tragen sie Marken bei 10 und 11, und 20 und 22 ccm.

Man neutralisiert die freien Säuren in 50 ccm Wein bis auf eine Acidität von etwa 3,3 ccm Normalalkali, misst

von diesem Wein zweimal 10 ccm in die geteilten Röhren ab, setzt 1 ccm einer 40prozentigen Natriumacetatlösung und 4 Tropfen Eisenchloridlösung zu, schüttelt gut durch und lässt dann 24 Stunden ruhig stehen, liest dann das Volumen des abgeschiedenen gerbsauren Eisens ab und entnimmt aus der folgenden Tabelle den entsprechenden Gerbstoffgehalt:

ccm Niedersc lag	Gerbstoff %	ccm Niederschlag	Gerbstoff %
0.1	0.003	0.9	0.030
0.2	0.007	1.0	0.033
0.3	0.010	2.0	0.066
0.4	0.013	3.0	0.100
0.5	0.017	4.0	0.130
0.6	0.020	5.0	0.170
0.7	0.023	9.0	0.300
0.8	0.027	12.0	0.400

Optische Untersuchung

Prüfung des optischen Verhaltens.

Die Lösungen von Rohrzucker, Traubenzucker und Dextrin drehen die Ebene des polarisierten Lichtes nach rechts, Invertzuckerlösungen hingegen nach links.

Die polarimetrische Untersuchung, d. i. die Bestimmung des Drehungsvermögens der Weine, bietet daher wichtige Handhaben zur Erkennung gewisser Fälschungen.

Man braucht hiezu einen Polarisationsapparat, welche in verschiedener Art konstruiert worden sind und zwar eines der grösseren Instrumente nach Ventzke, Soleil oder Wild. Auf die nähere Beschreibung dieser Instrumente kann hier nicht eingegangen werden.*)

Das Drehungsvermögen wird ausgedrückt in Graden des Kreisbogens, um welche eine 200 mm starke Schicht Wein den durchgehenden Lichtstrahl dreht und zwar in Graden des Wildschen Polaristrobometers.

*) Preise dieser Instrumente: Wilds Polaristrobometer bei Hermann & Pfister, Bern, 300 ℳ; Soleil oder Ventzke Polarisationsapparat bei H. Rohrbeck, Berlin, 380 ℳ; Mitscherlich Polarisationsapparat ebendaselbst, 60 ℳ

Es ist

1° Soleil = 0,2172° Wild

1° Ventzke = 0,346 ° Wild

1° Wild = 4,6043° Soleil = 2,89° Ventzke.

Man versetzt 100 ccm Wein mit 10 ccm Bleiacetatlösung, filtriert nach gutem Durchmischen vom Niederschlag ab und füllt mit dem Filtrat die 220 mm lange Röhre der Apparate, entsprechend der Verdünnung 10 : 11 und liest die Drehung ab.

Man misst dann 77 ccm des Filtrates ab, versetzt sie zur Ausfällung von überschüssigem Bleiacetat mit 7 ccm Natriumkarbonatlösung und filtriert. Vom Filtrat würden 120 ccm 100 ccm Wein entsprechen. Dieses bleifreie Filtrat polarisiert man wieder in der 220 mm Röhre, vermehrt aber die abgelesene Drehung um den zehnten Teil (entsprechend der Verdünnung 10 : 12). Das Filtrat wird aufgehoben und dient zur Bestimmung des Zuckers (S. 317).

Man betrachtet die zweite Ablesung als richtig, sie giebt an, um wie viel Grade der Wein in einer 200 mm starken Schicht die Ebene des durchgehenden Lichtstrahls nach rechts oder links ablenkt.

Man hat hiebei folgende Fälle zu unterscheiden:

1. Der Wein dreht gar nicht:
   a) er enthält nur Spuren von Zucker und ist dann nicht weiter zu untersuchen und normal.
   b) er enthält reduzierenden Zucker, dann ist die Drehung nach rechts (Trauben-, Rohrzucker, Dextrin), und die nach links (Invertzucker) gleich stark.
2. Der Wein dreht nach links:

   Es ist Invertzucker vorhanden. Zur Prüfung, ob nicht auch rechtsdrehende Substanzen vorhanden sind, ist eine Zuckerbestimmung nach der Inversion und ein Vergärungsversuch anzustellen.

3. Der Wein dreht nach rechts:
   a) beträgt die Drehung weniger als 0,3°, so sind weitere Versuche zu unterlassen;
   b) ist die Drehung stärker als 0,3°, so sind Zuckerbestimmungen vor und nach dem Invertieren und ein Vergärungsversuch auszuführen.

Traubenzucker und Rohrzucker.

a) Weiss- und Rotweine.

Trauben- und Rohrzucker

Das polarisierte, durch Fällen des Weines mit Bleiacetat- und Natriumbikarbonatlösung erhaltene Filtrat (100 : 120 verdünnt) wird in der auf Seite 243 beschriebenen Weise gegen 10 ccm Fehlingsche Lösung titriert und der reduzierende Zucker auf Dextrose berechnet. (Verbrauchte ccm Lösung): 120 = 0,05 : x, woraus x = g Dextrose in 100 ccm Wein.

Zur Bestimmung von Rohrzucker werden 100 ccm Wein in der auf Seite 244 beschriebenen Weise invertiert, mit Natriumhydrat neutralisiert und dann wie oben behandelt.

Ergiebt sich ein höherer Gehalt an reduzierendem Zucker, so ist die Differenz auf Rohrzucker umzurechnen, indem man die Menge der neugebildeten Dextrose multipliziert mit 0,95.

b) Süssweine sind entsprechend ihrem Extraktgehalt so zu verdünnen, dass eine etwa 1 prozentige Zuckerlösung entsteht, welche man teils direkt, teils nach dem Invertieren gegen Fehlingsche Lösung titriert.

Die Fällung mit Bleiacetat und Natriumkarbonat kann bei Süssweinen unterlassen werden.

Unvergärbare Bestandteile

Zum Nachweis der unvergärbaren Bestandteile (Dextrin) werden 50 ccm Wein in einem Kolben von 300 ccm Inhalt auf etwa 20 ccm eingedampft und nach dem Erkalten mit 5 g stärkefreier Presshefe, die mit 30 ccm Wasser angerührt ist, versetzt. Man verschliesst den Kolben lose mit einem Wattepfropfen und bringt ihn

36—48 Stunden in ein konstantes Wasserbad von 30° C Temperatur.

Nach dieser Zeit ist der vergärbare Zucker in der Regel völlig vergoren, man giesst dann die Flüssigkeit in einen Messcylinder, setzt behufs rascheren Filtrierens etwas Asbest zu, füllt auf 100 ccm auf, mischt gut durch und filtriert. 80 ccm des Filtrats werden mit 8 ccm Bleiacetatlösung vermischt und filtriert, worauf man die Drehung des Filtrates vom Bleiniederschlag im 200 mm Rohr bestimmt.

Die abgelesene Drehung ist der Verdünnung von 50 : 100 wegen zu verdoppeln.

Ist noch eine Drehung nach rechts vorhanden, so ist Dextrin vorhanden und beweist dies, dass der Wein unreinen Traubenzucker mit unvergärbaren Substanzen enthielt. Die quantitative Bestimmung kann wie unter „Bier“, Seite 302 angegeben, ausgeführt werden.

Farbstoffe. Die Prüfung der Rotweine auf Farbstoffe pflanzlicher Abstammung (Heidelbeeren, Malven) ist sehr unsicher. Dagegen ist der Zusatz von Theerfarbstoffen (Fuchsin, Säurefuchsin, Ponceau, Bordeaux, Vinalin u. a.) sicher zu führen. **Farbstoffe**

Zur Prüfung auf Theerfarbstoffe kocht man je 50 ccm Wein, teils direkt, teils schwach mit Ammoniak alkalisch gemacht, mit etwa 1 m Schafwolle auf etwa 10 ccm ein, lässt die Wolle mit dem Wein erkalten und wäscht sie dann aus.

Bei Gegenwart von Theerfarbstoffen wird die Wolle rot gefärbt bleiben und zwar aus saurer Lösung bei Gegenwart von Säurefuchsin, Ponceau u. a., aus ammoniakalischer Lösung bei Gegenwart von Fuchsin.

Reine Rotweine zeigen nur eine schwache missfarbene Braun- oder Graufärbung der Wolle.

Der spektroskopische Nachweis einer künstlichen Färbung ist nur selten zuverlässig.

---

*) Vergl. Hilger und Hasterlik. Bericht über die VII. Versammlung bayerischer Vertreter der angewandten Chemie. Seite 111. Berlin 1889.

Konser-vierungsmittel

Konservierungsmittel. Der Nachweis und die Bestimmung von schwefliger Säure erfolgt wie unter „Bier“ Seite 306 angegeben. Beim Nachweis von Salicylsäure empfiehlt es sich, als Lösungsmittel für dieselbe an Stelle von Äther, hier Chloroform anzuwenden.

Weitere Methoden zur Untersuchung des Weines siehe Barth: Die Weinanalyse. Hamburg 1884. List und Kayser: Vereinbarungen Seite 154. E. Borgmann: Analyse des Weines. Wiesbaden. 4 *M.*

Beurteilung der Weine.

Beurteilung der Weine

Für die Beurteilung eines Weines ist es von höchster Wichtigkeit, über die Herkunft und den Jahrgang des zu prüfenden Produktes Auskunft zu besitzen, da sonst im günstigsten Falle nur entschieden werden kann, ob derselbe Naturwein sein kann, nicht aber, dass er Naturwein ist.

Weine aus reinem Traubensaft enthalten nur in seltenen Fällen Extraktmengen unter 1,5 g pro 100 ccm. Nach Abzug der freien Gesamtsäuren beträgt der Extraktrest mindestens 1 g in 100 ccm.

Der Zuckergehalt ausgegorener Weine beträgt meist bis 0,2%, ist die Zuckermenge grösser, so muss sich der Extraktrest entsprechend über 1 g erheben.

Gerbstoff ist in Weissweinen bis höchstens 0,01% enthalten, ein Mehr deutet auf Tresterwein (petiotisierter Wein).

Der Gehalt an freier Weinsäure beträgt bei Naturweinen nicht mehr als 1/6 der gesamten nichtflüchtigen Säuren.

In Weinen, welche wenig Essigsäure enthalten, finden sich in der Regel auf 100 Teile Alkohol zwischen 7 und 14 Teile Glycerin, andernfalls ist Weingeist oder Glycerin nachträglich zugesetzt worden; dies wird sich übrigens auch noch durch relativ geringen Gehalt an Mineralbestandteilen ergeben. Bei essigsauren Weinen (über 0,1%) gelten diese Verhältnisse nicht.

Der Gehalt an Mineralstoffen sinkt bei Naturweinen kaum unter 0,140 %, der an Kochsalz übersteigt nie 0,05 %.

Rechtsdrehende Weine sind entweder mittelst Rohr- oder Traubenzucker hergestellt, die Drehung bleibt bei Gegenwart von Dextrin, also bei unreinem Traubenzucker auch nach dem Vergären. Rohrzucker ergiebt sich aus der chemischen Analyse und ist stets künstlich zugesetzt.

Der Nachweis eines Verschnittes von Traubenwein mit Obstwein ist nur ausnahmsweise mit Sicherheit zu führen.

Beurteilung der Süssweine.

Die Süssweine sind ihrer Herstellung nach mehr oder minder Kunstprodukte, die für gewöhnliche Weine geltenden Normen können daher auf dieselben nicht übertragen werden. So wird fast stets ein Teil des Alkohols künstlich zugesetzt, daher auf das Verhältnis von Alkohol zu Glycerin kein Wert zu legen ist. **Beurteilung**

Der Gehalt an Phosphorsäure soll nach Kayser in 100 ccm 40 mg betragen, es wurden jedoch hierorts schon garantiert reine Süssweine mit viel geringerem Gehalt beobachtet.

Der Schwefelsäuregehalt soll 92 mg in 100 ccm nicht übersteigen.

An die Obstweine, welche aus zuckerhaltigen Früchten oder Beeren gewonnen werden, sind dieselben Anforderungen wie an Traubenweine zu stellen. **Obstweine**

Durch Versetzen des Mostes mit Zucker und Gärenlassen in Flaschen werden die Schaumweine oder Champagner mit hohem Kohlensäuregehalt hergestellt, sie erhalten meist einen Zusatz von Liqueuren (Dosage). An die Schaumweine sind dieselben Forderungen wie an Süssweine zu stellen. **Schaumweine**

Spirituosen.

Alkohol

Der durch Gärung aus zuckerhaltigen Flüssigkeiten dargestellte Weingeist heisst in konzentrierter, reinster Form Alkohol.

Branntwein

Unter Branntwein versteht man alkoholhaltige Flüssigkeiten, welche durch Gärung zuckerhaltiger Säfte oder Maischen und darauffolgende Destillation oder durch Verdünnen von Alkohol mit Wasser gewonnen werden.

Liqueure

Unter Liqueuren versteht man mit Zucker, aromatischen und bitteren Stoffen versetzte Branntweine.

Fuselöl

Die Branntweine sind je nach dem Rohmaterial von verschiedenen Gärungs- und Destillationsnebenprodukten, den sog. Fuselölen begleitet, welche Gemische von Alkoholen und zusammengesetzten Äthern der Fettreihe sind.

Unter diesen ist hauptsächlich der Amylalkohol, der Hauptbestandteil des Fuselöles des Kartoffelschnapses, von gesundheitsschädlicher Wirkung.

Die wichtigeren Branntweine sind:

Kognak

a) Kognak (Franzbranntwein) aus vergorenen Weintrestern und Weinhefe hergestellt, ist gelb bis braun gefärbt und soll mindestens 50 Vol.-% Weingeist und bis höchstens 1 % Extrakt und keinen Zucker enthalten.

Arrak

b) Arrak, aus vergorener Reismaische oder Palmenwein dargestellt, ist farblos und wie Kognak zu beurteilen.

Rum

c) Rum, aus Zuckerrohrmelasse destilliert, ist von brauner Farbe und enthält meist 70 Vol.-% Weingeist und höchstens 1 % Extrakt.

Alle diese drei Sorten werden häufig gefälscht, eine geschickte Fälschung ist jedoch nicht nachweisbar; die Untersuchung geschieht wie die des Weines.

Branntweine

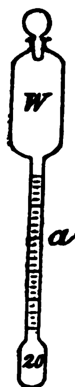
d) Kornbranntwein aus vergorener Roggenmaische.

e) Kartoffelschnaps aus mit Malz hergestellter Kartoffelmaische gewonnen, enthält 30 bis 50 Vol.-% Weingeist und wechselnde Mengen Amylalkohol (0—1 Vol.-%).

Hygienische Bedeutung beansprucht die Bestimmung des Amylalkohols, welcher die Schnäpse gesundheitsschädlich macht. Die Bestimmung geschieht am besten nach der Methode von Röse, welche auf die Volumvermehrung des Chloroforms bei Aufnahme von Amylalkohol begründet ist. **Amylalkohol**

Man bedarf eines Schüttelapparates (Fig. 83), ferner Weingeist von 30 Vol.-% (0,9656), Schwefelsäure vom spez. Gewicht 1,286, und Chloroform.

Fig. 83.



Der Schüttelapparat besteht aus einem Glasgefäss, welches unten eine Erweiterung, dann eine Verengung *a* mit einer Skala und endlich oben wieder eine Erweiterung *W* besitzt. Die untere Erweiterung fasst genau 20 ccm, die Skala geht von 20 bis 45 und ist in $^1/_{10}$ ccm geteilt, das Gefäss *W* fasst etwa 100 ccm.

Das Schüttelgefäss setzt man in ein grosses Gefäss mit Wasser, um stets möglichst gleiche Temperatur zu haben.

Man misst im Apparat genau 20 ccm Chloroform bei 15° C ab, giebt 100 ccm des Branntweines, den man auf genau 30 Vol.-% Alkoholgehalt gebracht hat (0,9656) und 1 ccm der Schwefelsäure zu und schüttelt $^1/_2$ Minute lang kräftig durch. Dann setzt man wieder in das Wassergefäss, befördert das Absetzen der Chloroformschichte durch Klopfen und Kreisbewegung und liest den Stand der Chloroformschichte ab.

Je mehr Fuselöl vorhanden ist, desto grösser wird das Volumen der Chloroformschichte sein.

Man hat sich seinen Apparat selbst zu kalibrieren, indem man die Volumvermehrung des Chloroforms für reinen Alkohol von 30%, dann von solchem mit 0,05,

0,1, 0,2, 0,3 u. s. w. % Fuselölgehalt bestimmt und sich so eine Skala anfertigt.

Besondere Vorsicht erfordert das Einstellen des Branntweines auf 30 Vol.-% (0,9656 spez. Gew. bei 15°), was man unter Benützung der Verdünnungstabelle XX mit der Westphalschen Wage ausführt.

Tabelle XX.

Tabelle für die Verdünnung des Alkohols auf 30 Vol.-%.

Zu 100 ccm Alkohol vom Volum-Prozentgehalt	sind zuzusetzen ccm Wasser	Zu 100 ccm Alkohol vom Volum-Prozentgehalt	sind zuzusetzen ccm Wasser	Zu 100 ccm Alkohol vom Volum-Prozentgehalt	sind zuzusetzen ccm Wasser
30	—	49	64.1	68	129.4
31	3.3	50	67.5	69	132.8
32	6.6	51	70.9	70	136.3
33	10.0	52	74.3	71	139.7
34	13.4	53	77.7	72	143.2
35	16.7	54	81.2	73	146.7
36	20.1	55	84.6	74	150.2
37	23.4	56	88.0	75	153.6
38	26.8	57	91.4	76	157.1
39	30.2	58	94.9	77	160.6
40	33.5	59	98.3	78	164.1
41	36.9	60	101.8	79	167.6
42	40.3	61	105.2	80	171.1
43	43.7	62	108.6	81	174.6
44	47.1	63	112.1	82	178.1
45	50.5	64	115.5	83	181.6
46	53.9	65	119.9	84	185.1
47	57.3	66	122.4	85	188.6
48	60.7	67	125.9		

Liqueure sind mit einem Zusatz von 5 ccm Natronlauge auf 100 ccm zu destillieren, das Destillat ist auf 30 Vol.-% zu bringen und wie oben zu behandeln.

Jeder Branntwein mit mehr als 0,1 % Amylalkohol ist zu beanstanden.

Die Bestimmungen der übrigen Bestandteile, Weingeist, Extrakt, Mineralstoffe, Zucker erfolgen nach den bei

	9	8	7	6	5
0.97	17.17	18.25	19.28	20.24	21.19
6	26.95	27.86	28.77	29.67	30.57
5	35.28	36.04	36.70	37.34	38.04
4	41.84	42.40	42.95	43.56	44.1
3	47.67	48.21	48.75	49.29	49.81
2	52.77	53.24	53.72	54.19	54.6
1	57.45	58.92	58.36	58.80	59.2
0	61.84	62.31	62.79	63.24	63.6
0.89	66.25	66.69	67.11	67.63	67.9
8	70.35	70.77	71.17	71.58	71.9
7	74.33	74.70	75.08	75.45	75.8
6	78.00	78.36	78.73	79.12	79.5
5	81.80	82.19	82.54	82.90	83.2
4	85.26	.	.	.	.

Zur Umrechnung auf Gewicht keit multipliziert man die Volumpr Gewicht des absoluten Alkohols (genommen).

Die Liqueure können alle enthalten. In hygienischer Bez

*) Vollständige Tabelle, Wiesb

forderung gestellt werden, dass gesundheitsschädliche oder giftige Stoffe, insbesondere die Substanzen der Tabelle B der kais. Verordnung vom 4. Januar 1875 nicht Verwendung gefunden haben. Der Nachweis solcher Stoffe ist jedoch häufig nicht mit Sicherheit zu führen.

Litteratur: Bericht über die IV. Vers. S. 27 u. VI. Vers. bayr. Vertr. d ang. Chemie.
Stutzer und Reitmair, Ergänz.-Hefte d. Centralbl. für öff. Ges.-Pflege II. 191.
E. Sell: Ueber Branntwein. Berlin 1888.
Ueber Kognak, Rum und Arrak. Berlin 1891. (Arbeiten aus dem kais. Gesundheitsamt. Bd IV. VI. VII.)

Essig.

Essig

Unter Essig versteht man die durch saure Gärung aus alkoholhaltigen Flüssigkeiten oder durch Verdünnen konzentrierter Essigsäure gewonnene wässrige Essigsäure.

Der Essigsäuregehalt des Speiseessigs soll nicht unter 4% herabgehen, da erfahrungsgemäss solch dünner Essig leicht verdirbt. Ausser Essigsäure enthält der Essig je nach dem Rohmaterial noch verschiedene Nebenbestandteile: Weingeist und Extraktstoffe.

Die Bestimmung der Essigsäure erfolgt durch Titrieren von 10 ccm Essig mit Normalalkali und Phenolphtaleïn, die der Nebenbestandteile wie bei Wein.

1 ccm Normalalkali = 0,06 g Essigsäure.

Mineralsäuren im Essig

Eine Fälschung des Essigs mit freien Mineralsäuren wird wie folgt ermittelt: Man versetzt 10 ccm des Essigs in einem Reagensglas mit 3 Tropfen einer wässerigen Methylviolettlösung 1:1000, bei Gegenwart irgend einer freien Mineralsäure geht die Farbe in hellblau oder grün über.

Die Natur der freien Säure wird folgendermassen ermittelt: Man versetzt je 10 ccm Essig mit

1. Baryumchlorid und Salzsäure: ein weisser, schwerer Niederschlag beweist Gegenwart von Schwefelsäure;

2. Silbernitrat und Salpetersäure: ein weisser, flockig-käsiger Niederschlag, der sich am Lichte schwärzt, beweist Gegenwart von Salzsäure;
3. Calciumchlorid: ein weisser Niederschlag beweist Gegenwart von Oxalsäure.

Hiebei ist zu bedenken, dass schwache Reaktionen kein Beweis für die Gegenwart freier Säure sind, da sie auch von gelösten Salzen herrühren können.

Alkaloïdhaltige Genussmittel.

Von den alkaloïdhaltigen Pflanzen, welche den Menschen als Genussmittel dienen, haben für Europa hauptsächlich der Kaffee, der Thee, Kakao und Tabak Interesse. Auch diese Genussmittel werden erfahrungsgemäss viel gefälscht.

Kaffee.

Unter Kaffee versteht man die bohnenförmigen Samen der Frucht des Kaffeebaumes, die je nach den Produktionsländern in verschiedenen Qualitäten in den Handel kommen. **Kaffee**

Die ungebrannte Bohne besitzt eine gelbe bis grüne Farbe, die oft künstlich hergestellt wird, wozu jedoch allerdings in der Regel nur unschädliche Farbstoffe (Oker) Verwendung finden.

Zum Genuss müssen die Bohnen gebrannt werden, wodurch sich ihre Bestandteile verändern und die Bohnen eine braune Farbe annehmen; zur Herstellung des Getränkes wird dann der gemahlene Kaffee gekocht, wodurch etwa 26 % in Lösung gehen.

Die wesentlichen Bestandteile des Kaffees sind das Alkaloïd Koffeïn ($C_8H_{10}N_4O_2$), Kaffeegerbsäure, ätherische Öle und die Röstprodukte, ausserdem enthält Kaffee Fett, Eiweissstoffe, Mineralstoffe und Holzfaser. **Koffeïn**

Eine Fälschung des ganzen Kaffees kommt selten vor. Das Einölen der Bohnen zur Erzielung höheren Glanzes

kann als Fälschung nicht erachtet werden, bedenklicher ist das Brennen des Kaffees mit Zucker.

Auf den Kauf gemahlenen Kaffees sollte das Publikum ein für allemal verzichten, da solcher Kaffee niemals den Wert des ganzen hat und ein Feld für ergiebige Fälschung bietet.

ffeesurrogate Als Kaffeezusatz- und Kaffeeersatzmittel werden unter wirklichem oder häufiger unter Phantasienamen geröstete Pflanzenstoffe oder Mischungen solcher feilgehalten, welche in Folge Karamelisierung ihres Zuckers oder Stärkemehls braune, bitter schmeckende Absude ergeben, den Kaffee aber nicht ersetzen können.

Von Nährwert kann bei diesen Surrogaten so wenig als bei Kaffee gesprochen werden.

Es finden Verwendung: Zuckerrüben, Zichorien, seltener gelbe und Mohrrüben, Feigen, Birnen, Cerealien, Malz, Eicheln, Leguminosen, Kaffeebeeren.

Kaffeesurrogate sollen in ganzem Zustande unter wahrer Bezeichnung in den Handel kommen, die gemahlenen Surrogate sollen frei sein von Schimmelpilzen oder Parasiten.

Der Wassergehalt der angefeuchteten, gepressten Surrogate soll 18 % nicht übersteigen, der Aschengehalt der Zichorien- und Rübenkaffees soll 8 % Gesamtasche, einsch. 2 % Sand nicht übersteigen — andere Surrogate sollen nicht mehr als 5 % Gesamtasche, einschl. 1 % Sand enthalten.

Gesundheitsschädigungen können eintreten durch Verpackung feuchter Surrogate in Bleifolien.

Literatur: v. Bibra. Der Kaffee und seine Surrogate. München 1858.

H. Trillich. Die Kaffeesurrogate. München 1889.

C. Kornauth. Kaffee und Kaffeesurrogate. München 1890. (A. Hilger. Mitteilungen. III. 1.)

Thee.

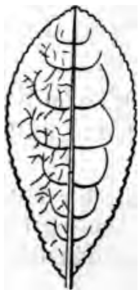
Unter Thee versteht man die durch eine eigentümliche Behandlung getrockneten oder gerösteten Blätter des Theestrauches, die in zwei Hauptformen, als grüner und schwarzer Thee, in den Handel kommen. Thee

Die Hauptbestandteile sind das Alkaloïd, Theeïn-Koffeïn ($C_8H_{10}N_4O_2$), Harz, ätherisches Öl, Gerbsäure, ferner Fett, Gummi und Mineralstoffe.

Fälschungen werden vorgenommen durch Zusatz fremder Blätter, durch Zusatz von extrahierten Theeblättern und selten durch Zusatz von Extrakt, Mineral- oder Färbestoffen.

Zur Erkennung der Beimengung fremder Blätter reicht die botanische Untersuchung aus, wozu man die Blätter in Wasser legt, damit sie sich entrollen, und auf einem Objektträger ausbreitet.

Fig. 84.



Theeblätter sind verschieden gross, 2 bis 12 cm lang, umgekehrt lanzettförmig, gezähnt, die Seitennerven entspringen am Hauptnerv ziemlich senkrecht, wenden sich in 1/3 Entfernung vom Rande nach oben und greifen in einander. Diese sämtlichen Merkmale besitzt kein anderes Blatt.

Thee soll nicht unter 3% und nicht über 7% Gesamtasche und nicht mehr als 1% Sand enthalten.

Litteratur: F. Vité. Kritische Studien über die Bestimmung des Koffeïns im Thee. (Hilger. Mitteilungen. III. 1890. München).

Kakao.

Zur Herstellung des Kakao werden die Früchte des Kakaobaumes (Theobroma cacao) aufgeschnitten, die darin befindlichen Samen herausgenommen und 24 Stunden in Haufen einer Selbstgärung überlassen (Rotten) und ge- Kakao

trocknet. Die Samen werden dann zur Entfernung der Schalen und Keime erhitzt und geschält.

Die Keimlappen kommen teils gemahlen, teils entfettet und gemahlen als Kakao in den Handel.

Nach dem holländischen Verfahren werden Schalen und Keime durch Quellen in alkalischem Wasser von den Keimlappen getrennt.

Theobromin Die wertvollen Bestandteile des Kakao sind Theobromin ($C_7H_8N_4O_2$), Koffeïn, Kakaofarbstoff und Fett.

Chokolade Kakao mit Zucker und Gewürzen gemischt, heisst Chokolade.

Fälschungen des Kakao erfolgen durch Beimengung von Mineralsubstanzen, Kakaoschalen, minderwertigen Pulvern, Entziehung von Fett oder Ersatz desselben durch minderwertige Fette, solche von Chokolade durch Übermass von Zucker, Beimengung von Stärkemehl, Ersatz des Fettes durch minderwertige Fette u. s. w.

Kakao soll nicht mehr als 5 % Asche und 5 % Rohfaser enthalten, das Fett soll zwischen 29 und 32° C schmelzen.

Litteratur: P. Zipperer: **Untersuchungen über Kakao u. Chokolade. Hamburg 1887.**

Die mittlere Zusammensetzung der alkaloïdhaltigen Genussmittel ist nach König folgende:

Tabelle XXII.

In 100 g %	Kaffee	Thee	Kakao
Wasser	1.81	11.49	**3.63**
Alkaloïd	0.97	1.35	**1.40**
Stickstoffsubstanzen	12.20	21.22	**18.09**
Ätherisches Öl	—	0.67	—
Fett	12.03	3.62	**49.32**
Dextrin, Gummi, Zucker	1.01	7.13	—
Gerbsäure	22.60	12.36	—
Stärkemehl	—	—	**13.25**
Sonstige stickstofffreie Subst.	—	16.75	**13.18**
Holzfaser	44.57	20.30	**3.65**
Asche	4.81	5.11	**3.48**

Bei der Untersuchung der Genussmittel muss man meist auf die Bestimmung der eigentlich wertvollen Bestandteile (Alkaloïde und ätherische Öle), wegen Mangel an quantitativ genauen Methoden verzichten. **Untersuchung**

Der Nachweis von Fälschungen mit vegetabilischen minderwertigen Stoffen ist am sichersten durch das Mikroskop zu führen, wozu die schon genannten Werke hinreichenden Aufschluss geben, man versäume aber nicht, sich genügende Übung durch Herstellung von Kontrollpräparaten und Mischungen zu verschaffen.

Die Bestimmung von Wasser und Asche erfolgt in 10 g Substanz nach den bekannten Methoden.

Zur Bestimmung des Sandes wird die Asche aus 10 g Substanz mit 25 ccm 10prozentiger Salzsäure übergossen, nach 1/4 stündigem Stehen wird das Unlösliche abfiltriert, gut ausgewaschen, getrocknet und nach dem Veraschen des Filters und Erkalten im Exsikator gewogen. **Sand**

Zur Bestimmung der wasserlöslichen Substanzen werden 10 g Substanz in einem 300 ccm Becherglas mit 200 ccm Wasser 5 Minuten lang aufgekocht, dann wird heiss durch ein getrocknetes gewogenes Filter abfiltriert, der Rückstand heiss ausgewaschen und bei 100° C getrocknet. Die Differenz aus

100 — (Rückstand + Wasser) giebt die wasserlöslichen Stoffe.

Tabak.

Unter Tabak versteht man die zum Rauchen, Kauen oder Schnupfen zubereiteten Blätter des Tabakkrautes. Die gepflückten Blätter werden einer Selbstgärung unterworfen, getrocknet, geschnitten und je nach ihrer Verwendung mit aromatischen oder beizenden Zusätzen behandelt (sauciert). **Tabak**

Die wertvollen Bestandteile sind Nikotin ($C_{10}H_{14}N_2$) und Tabakskampher. **Nikotin**

Fälschungen werden vorgenommen durch Zusatz der verschiedensten fremden Blätter, deren Nachweis auf

mikroskopischem Wege geführt wird, bei Schnupftabak durch Zusatz von Mineralsubstanzen, deren Nachweis durch eine Aschen- und Sandbestimmung erfolgt. Da jedoch Tabak einen abnorm hohen Aschengehalt besitzt, so kann eine Beanstandung erst erfolgen, wenn die Gesamtasche 30 %, der Sandgehalt 3 % der Trockensubstanz überschreitet.

Hygienisches Interesse bietet die Thatsache, dass aus Bleifolien in den Tabak (Schnupftabak) massenhaft Blei übergeht und Erkrankungen verursacht.

Zum Nachweis des Bleis wird der Tabak verascht, die Asche in Salpetersäure gelöst und hierin das Blei nach der Methode auf Seite 336 nachgewiesen und bestimmt.

Gewürze.

Pflanzenstoffe, welche wegen eines ausgeprägten, scharfen, aromatischen oder lieblichen Geruchs und Geschmacks sich zum Würzen von Speisen und Getränken eignen und zur besseren Resorption der Nahrungsstoffe beitragen, indem sie auf manche Organe einen wohlthätigen Einfluss üben, heissen Gewürze.

Die wesentlichen Bestandteile sind teils ätherische Öle, teils aromatische Körper oder Harze.

Als Gewürze finden hauptsächlich Verwendung:

1. Früchte: Pfeffer, Piment, Paprika, Muskatnüsse (und -blüte), Kardamomen, Vanille, Anis, Kümmel, Koriander, Senf.
2. Blüten: Gewürznelken, Safran, Kapern.
3. Rinden: Zimmt, Galgant.
4. Wurzeln: Ingwer.
5. Knollen: Zwiebel, Knoblauch.

Fälschungen der Gewürze, besonders der gestossenen finden statt durch Beimengung fremder oder minderwertiger pflanzlicher Bestandteile (Beimengung von bereits extrahierten Gewürzen) oder von Mineralstoffen.

Gesundheitsschädliche Stoffe werden zur Fälschung der Gewürze selten verwendet, es handelt sich also bei der Beurteilung lediglich um die Wertverminderung.

Die Untersuchung der Gewürze erstreckt sich hauptsächlich auf eine mikroskopische Prüfung und die Bestimmung von Wasser, Asche und Sand.

Auf eine Bestimmung der wertvollen Bestandteile muss aus denselben Gründen, wie bei den Genussmitteln verzichtet werden.

Die Methoden zur Bestimmung von Wasser, Asche und Sand sind bei den Genussmitteln Seite 331 angegeben. Im Sand aus Pfeffer findet man häufig rote Körnchen, welche oft für zugesetztes Ziegelmehl gehalten wurden; es ist dies Thon, der erst durch das Glühen und Behandeln mit Salzsäure diese Farbe annimmt und der den Pfefferkörnern äusserlich vom Sammeln her anhaftet.

Für die Beurteilung kann man folgende Zahlen an Gesamtasche und Sand in der Trockensubstanz zu Grunde legen:

	Gesamtasche	Sand
Pfeffer schwarz . .	6,5	2,0
„ weiss . . .	3,5	1,0
Paprika	7,0	1,0
Gewürznelken . . .	5,5	—
Zimmt	6,0	1,0
Piment	5,0	2,0
Muskatblüte	2,0	—
Safran	6,0	—

Litteratur: Berichte über die Vers. bayr. Chem. Berlin. IV. 97. 104. V. 21. VI. 25. IX. 62.
Röttger. Archiv für Hygiene. 1886. 183. (IV.)

VII.

Untersuchung der Gebrauchsgegenstände.

Als Gebrauchsgegenstände im Sinne des Gesetzes vom 14. Mai 1879 sind alle jene Stoffe anzusehen, welche erfahrungsgemäss im Hause oder im menschlichen Haushalt zur Herstellung und Aufbewahrung von Nahrungs- und Genussmitteln oder in irgend einer Weise z. B. zur Beleuchtung, zum Spielen, zu kosmetischen Zwecken, zur Ausstattung der Wohnung u. s. w. Verwendung finden.

Genauer geregelt ist in Deutschland der Verkehr mit diesen Gebrauchsgegenständen durch folgende Verordnungen und Gesetze:

1. vom 24. Februar 1882, Petroleum betr.,
2. „ 25. Juni 1887, blei- und zinkhaltige Gegenstände betr.
3. „ 5. Juli 1887, gesundheitsschädliche Farben betr.

Kochgeschirre.

Zu Kochgeschirren und zum Aufbewahren von Nahrungs- und Genussmitteln kommen Gefässe von Holz, Thon (Steingut, Fayence, Porzellan, irdene Geschirre) und Metall (Eisen, Zinn, Zink, Blei, Kupfer, Nickel, Aluminium und verschiedene Legierungen, wie Messing, Neusilber, Britanniametall u. s. w.) in Anwendung.

Die Thongeschirre werden, um sie dicht zu machen, mit einem undurchlässigen Überzug, der Glasur, versehen, welche ein leichtflüssiges Glas, meist Bleiglas, ist, das auf den porösen Thonwaren durch Einbrennen erzeugt wird.

Durch die Anwendung bleihaltiger Glasur, welche bei richtiger Mischung der Bestandteile und genügender Hitze beim Brennen als Bleisilikat unlöslich in verdünnten Säuren wird, ist die Möglichkeit gegeben, dass Blei in die im Gefässe bereiteten Speisen übergeht, wenn die oben genannten Bedingungen nicht erfüllt wurden.

Häufig finden auch giftige Farben zum Bemalen der Geschirre Verwendung, welche bei ungenügendem Einbrennen ebenfalls in Säuren löslich sind.

Von Metallgeschirren sind besonders verzinnte oder verzinkte oder emaillierte Eisengeschirre in Gebrauch. Zum Verzinnen wird häufig bleihaltiges Zinn genommen, als Email findet häufig schlecht bereitetes und ungenügend gebranntes Bleiglas Verwendung, so dass auch hier die Möglichkeit gegeben ist, dass Blei in die Speisen übergeht.

Das Gleiche gilt von zinnernen Geschirren und von Geschirren aus Legierungen, welche Blei enthalten.

Nach § 1 des Gesetzes vom 25. Juni 1887 dürfen Ess-, Trink- und Kochgeschirre, sowie Flüssigkeitsmasse nicht

1. ganz oder teilweise aus Blei oder einer in 100 Gewichtsteilen mehr als 10 Gewichtsteile Blei enthaltenden Metallegierung hergestellt,
2. an der Innenseite mit einer in 100 Gewichtsteilen mehr als 1 Gewichtsteil Blei enthaltenden Metallegierung verzinnt oder mit einer in 100 Gewichtsteilen mehr als 10 Gewichtsteile Blei enthaltenden Metallegierung gelötet,
3. mit Email oder Glasur versehen sein, welche bei halbstündigem Kochen mit einem in 100 Gewichtsteilen 4 Gewichtsteile Essigsäure enthaltenden Essig an den letzteren Blei abgeben.

§ 2. Zur Herstellung von Mundstücken für Saugflaschen, Saugringen und Warzenhütchen darf blei- oder zinkhaltiger Kautschuk nicht verwendet sein.

Zur Herstellung von Trinkbechern und Spielwaren, mit Ausnahme der massiven Bälle, darf bleihaltiger Kautschuk nicht verwendet sein.

Zu Leitungen für Bier, Wein oder Essig dürfen bleihaltige Kautschukschläuche nicht verwendet werden.

§ 3. Geschirre und Gefässe zur Verfertigung von Getränken und Fruchtsäften dürfen in denjenigen Teilen, welche bei dem bestimmungsgemässen oder vorauszusehenden Gebrauche mit dem Inhalt in unmittelbare Berührung kommen, nicht den Vorschriften des § 1 zuwider hergestellt sein.

Konservenbüchsen müssen auf der Innenseite den Bedingungen des § 1 entsprechend hergestellt sein.

Zur Aufbewahrung von Getränken dürfen Gefässe nicht verwendet sein, in welchen sich Rückstände von bleihaltigem Schrote befinden.

Zur Packung von Schnupf- und Kautabak sowie Käse dürfen Metallfolien nicht verwendet sein, welche in 100 Gewichtsteilen mehr als 1 Gewichtsteil Blei enthalten.

Zur Prüfung der Geschirre, ob dieselben beim Kochen Blei abgeben, füllt man sie fast voll mit einer Essigsäurelösung von 4% (spezifisches Gewicht 1,0052) und kocht sie eine halbe Stunde lang aus, indem man das verdampfende Wasser von Zeit zu Zeit ersetzt.

Die Lösung wird abfiltriert und in das Filtrat Schwefelwasserstoff eingeleitet — wenn hiedurch eine braune Färbung oder schwarze Fällung eintritt, so ist Blei, Zinn oder Kupfer in Lösung gegangen.

Man filtriert daher den entstandenen Niederschlag ab, wäscht ihn mit schwefelwasserstoffhaltigem Wasser gut aus und verschliesst dann das Trichterrohr durch einen Gummischlauch mit Quetschhahn.

Den Filterrückstand übergiesst man mit gelbem Schwefelammon und lässt bedeckt 1 Stunde stehen, worauf man unter Öffnen des Quetschhahns die Flüssigkeit abfliessen lässt, welche jetzt etwa vorhandenes Zinnsulfid gelöst hat.

Den Rückstand am Filter, Blei- oder Kupfersulfid, wäscht man mit schwefelammonhaltigem Wasser aus, bringt ihn mit dem Filter in eine Porzellanschale, über-

giesst ihn mit konzentrierter Salpetersäure und erwärmt auf dem Wasserbad bis zur völligen Lösung.

Man filtriert ab und versetzt das Filtrat mit Schwefelsäure, wenn hiedurch ein weisser schwerer Niederschlag entsteht (Bleisulfat), so war Blei in Lösung gegangen. Blei

Zur quantitativen Bestimmung dampft man die salpetersaure, mit überschüssiger Schwefelsäure versetzte Bleilösung zur Trockne ein, übergiesst mit destilliertem Wasser und filtriert das unlöslich bleibende Bleisulfat ab, das man nach dem Trocknen in einem Porzellantiegel glüht und wägt.

1 g Bleisulfat entspricht 0,683 g Blei.

Zur Prüfung auf Kupfer verfährt man nach Seite 339.

Geschirre aus Messing oder Kupfer werden, wenn sie blank geputzt sind, durch saure Speisen wenig, durch Fett aber stark angegriffen. Zum Nachweis des Kupfers verfährt man nach Seite 339.

Geschirre aus Nickel oder vernickelte Eisengeschirre geben unter Umständen ebenfalls Metall an darin bereitete Speisen ab. Nach den Untersuchungen von Dr. Rohde und anderen sind Nickel- und vernickelte Geschirre nicht gesundheitsschädlich.

Zur Prüfung auf Zink verfährt man nach Seite 340.

Zur quantitativen Bestimmung des Zinks verfährt man in gleicher Weise, löst den erhaltenen Niederschlag von Zinksulfid in Salzsäure, filtriert und fällt das Filtrat unter Kochen mit einem Ueberschuss von Natriumkarbonatlösung (alkalische Reaktion auf Kurkuma-Papier), wäscht gut aus und trocknet das erhaltene Zinkkarbonat. Dasselbe wird dann in einem Porzellantiegel geglüht und als Zinkoxyd gewogen. Zink

1 g Zinkoxyd = 0,8026 g Zink.

Farben und Spielwaren.

Nach § 1 des Gesetzes vom 5. Juli 1887 dürfen gesundheitsschädliche Farben zur Herstellung und zum Umhüllen von Nahrungs- und Genussmitteln nicht verwendet werden.

Gesundheitsschädliche Farben und Farbzubereitungen sind solche, welche Antimon, Arsen, Baryum, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Uran, Zink, Zinn, Gummigutt, Korallin, Pikrinsäure (und Dinitrokresol) enthalten.

Man versetzt einen Teil der Lösung mit Essigsäure und Kaliumferrocyanidlösung, bei Gegenwart von Kupfer entsteht eine rotbraune Fällung von Kupferferrocyanid.

Kadmium Man versetzt die blaue Lösung mit Cyankaliumlösung bis zur Entfärbung, dann mit Schwefelwasserstoffwasser:

ein gelber Niederschlag beweist Gegenwart von Kadmium.

Gruppe III. Schwefelammonniederschlag.

Das Filtrat vom Schwefelwasserstoffniederschlag aus der salpetersauren, mit Salzsäure gefällten Lösung wird mit Ammoniak übersättigt und mit Schwefelammon versetzt; ein entstehender Niederschlag kann herrühren von Eisen, Chrom, Thonerde, phosphorsauren oder oxalsauren Erdalkalien, Mangan, Zink, Kobalt, Nickel, Uran. Von Interesse ist hier nur der Nachweis von Zink, Uran und Chrom.

Man filtriert den entstandenen Niederschlag ab, wäscht ihn mit schwefelammonhaltigem Wasser aus, löst ihn in verdünnter Salzsäure, setzt einige Tropfen Salpetersäure zu und kocht.

Chrom Man übersättigt die Lösung stark mit Kaliumhydratlösung und filtriert einen entstehenden Niederschlag ab. Das Filtrat ist bei Gegenwart von Chrom grün, giebt bei andauerndem Kochen einen graugrünen Niederschlag von Chromoxydhydrat und wird farblos.

Zink In das farblose Filtrat leitet man Schwefelwasserstoff ein, ein entstehender weisser Niederschlag beweist Gegenwart von Zink.

Uran Das Filtrat von diesem Niederschlag wird mit Salpetersäure übersättigt und mit Kaliumferrocyanidlösung versetzt, bei Gegenwart von Uran entsteht ein brauner Niederschlag.

tierische Wolle intensiv und dau

Versetzt man die Lösung i
Kaliumcyanid und Kalihydrat, so
Erwärmen eine tiefrote Flüssigke
Isopurpursäure.

Erwärmt man die Lösung m
Traubenzucker, so tritt ebenfalls
Bildung von Pikraminsäure ein.

Dinitrokresol (Alkali- und
Nitrokresole, auch Safransurroga
neueren Untersuchungen ebenfall
der wässrigen Lösung durch Salzsä
keit wird gleichfalls farblos.

Neutralisiert man die Salzsä
Zink, so entsteht nach einiger Zei
(bei Pikrinsäure Blaufärbung.)

Gummigutt (Gutti, Gamb
Gummiguttbäume (Garciniaarten)
in Äther, Alkohol und Chloroform
gelber Farbe emulsionsartig verte
Lösung wird durch konzentrierte
färbt, durch Wasserzusatz wird d
schlagen. Zinkchlorid giebt mit al
lösung einen gelben Niederschlag
die Lösung des Gummigutts.

Korallin

Korallin ist ein roter Farbstoff, der in unreinem Zustand ein Gemisch verschiedener Substanzen bildet und häufig die giftigen Ausgangsstoffe der Darstellung: Oxalsäure, Phenol, Arsensäure, enthält. Durch Säuren wird die rote Lösung zu gelb entfärbt.

Über die Schädlichkeit der sonstigen Theerfarbstoffe sind die Ansichten noch geteilt.

Litteratur: Th. Weyl. Die organ. Farbstoffe u. s. Berlin. 1889. 1890.
E. Weingärtner. Anleitung zur Untersuchung der im Handel vorkommenden künstlichen Farbstoffe. Vierteljahresschrift d. Chemie d. Nahrungs- und Genussmittel. 1888. 153.
Vogel. Prakt. Spektralanalyse. Berlin. 1889.

Nachweis des Arsens
in Farben, Tapeten, Kleiderstoffen, Buntpapieren etc.

Arsenhaltige Farbstoffe, und zwar Schweinfurter-, oder Scheelsches, oder Berggrün (arseniksaures Kupfer), Realgar [rot] (roter Arsenik, Rubinschwefel), Auripigment [gelb] (Operment, Rauschgelb), finden Anwendung zum Anstrich von Zimmern, zum Bedrucken von Tapeten, Kleider- oder Möbelstoffen.

Theerfarbstoffe, welche mittelst Arsensäure als Reduktionsmittel hergestellt werden, können gleichfalls arsenhaltig sein.

Endlich kann Arsen auf Kleiderstoffe gelangen durch Anwendung arsenhaltiger Beizen, welche zur Fixierung von Theerfarbstoffen auf pflanzlichen Fasern dienen.

Um Gesundheitsschädigungen durch arsenhaltige Farben oder Stoffe zu begegnen, bestimmen die §§ 1, 2, 3 und 4 des Gesetzes vom 5. Juli, dass unter andern auch arsenhaltige Farben nicht zur Herstellung von Nahrungs- und Genussmitteln, zur Herstellung von Gefässen, Umhüllungen oder Schutzbedeckungen, welche zur Aufbewahrung oder Verpackung von Nahrungs- und Genussmitteln dienen, zur Herstellung von kosmetischen Mitteln, Spielwaren verwendet werden dürfen.

Ferner bestimmt § 5: Zur Herstellung von Buch- und Steindruck auf den in §§ 2, 3 und 4 bezeichneten Gegenständen dürfen nur solche Farben nicht verwendet werden, welche Arsen enthalten.

Ferner § 7: Zur Herstellung von zum Verkauf bestimmten Tapeten, Möbelstoffen, Teppichen, Stoffen zu Vorhängen oder Bekleidungsgegenständen, Masken, Kerzen sowie künstlichen Blättern, Blumen und Früchten dürfen Farben, welche Arsen enthalten, nicht verwendet werden..

Auf die Verwendung arsenhaltiger Beizen oder Fixierungsmittel zum Zwecke des Färbens oder Bedruckens von Gespinnsten oder Geweben findet diese Bestimmung nicht Anwendung. Doch dürfen derartig bearbeitete Gespinnste oder Gewebe zur Herstellung der in Abs. 1 bezeichneten Gegenstände nicht verwendet werden, wenn sie 'das Arsen in wasserlöslicher Form oder in solcher Menge enthalten, dass sich in 100 qcm des fertigen Gegenstandes mehr als 2 mg Arsen vorfinden. Der Reichskanzler ist ermächtigt, nähere Vorschriften über das bei der Feststellung des Arsengehalts anzuwendende Verfahren zu erlassen.

§ 8. Die Vorschriften des § 7 finden auch auf die Herstellung von Schreibmaterialien, Lampen- und Lichtschirmen, sowie Lichtmanschetten Anwendung.

§ 9. Arsenhaltige Wasser- oder Leimfarben dürfen zur Herstellung des Anstrichs von Fussböden, Decken, Wänden, Thüren, Fenstern der Wohn- und Geschäftsräume, von Roll-, Zug- oder Klappläden und Vorhängen, von Möbeln und sonstigen häuslichen Gegenständen nicht verwendet werden.

§ 10. Auf die Verwendung von Farben, welche die im § 1 Abs. 2 bezeichneten Stoffe nicht als konstituierende Bestandteile, sondern als Verunreinigungen, und zwar höchstens in einer Menge enthalten, welche sich bei den in der Technik gebräuchlichen Darstellungsverfahren nicht vermeiden lässt, finden die Bestimmungen der §§ 1—9 nicht Anwendung.

§ 11. Auf die Färbung von Pelzwaren finden die Bestimmungen des Gesetzes nicht Anwendung.

Zur quantitativen Bestimmung des Arsengehalts der im Gesetz genannten Gegenstände ist für das deutsche Reich eine Methode veröffentlicht worden, deren Einzelheiten hier nicht gegeben werden können. Eine weitere Methode ist von Dr. Mayrhofer angegeben worden.*)

*) Bericht über die 7. Versamml. bayr. Vertreter d. angew. Chemie. Berlin 1889.

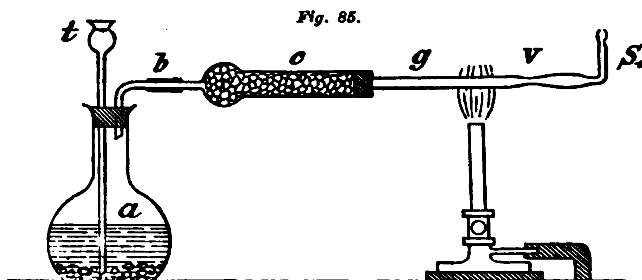
Zur Vorprüfung genügt jedoch der qualitative Nachweis des Arsens in Verbindung mit einer Schätzung der Menge aus der Stärke der Reaktion.

Gleichzeitig ist die Prüfung auf Antimonverbindungen, deren Gegenwart in Kleiderstoffen schon häufig Anlass zu Entzündungserscheinungen der Haut gegeben hat, ausführbar.

Arsen Zur qualitativen Prüfung auf Arsen wird von Tapeten und Kleiderstoffen ein Stück von 1 qdm, das alle Farben umfassen muss, klein geschnitten, von Farben wird etwa $^1/_4$ g genommen, mit absolut arsenfreier Salzsäure übergossen und eine Stunde stehen gelassen.

Man stellt sich unterdessen einen „Marshschen Apparat" zusammen, bestehend aus einem Gasentwicklungskolben *a*, einem Chlorcalciumrohr *c* zum Trocknen des Gases und einer schwer schmelzbaren Glasröhre *g* von etwa 4 mm Weite, welche an einer Stelle verengt *v*, umgebogen und zu einer Spitze S_1 ausgezogen ist.

Fig. 85.



In den Gasentwicklungskolben giebt man arsenfreies Zink und soviel Wasser, dass das Trichterrohr *t* eben abgesperrt ist und fügt dann durch letzteres 2 Tropfen Platinchlorid- oder Kupfersulfatlösung (zur Beschleunigung der Gasentwicklung) und absolut arsenfreie Salzsäure zu, und wartet, bis der sich entwickelnde Wasserstoff alle Luft aus dem Apparat verdrängt hat. Dann zündet man den Wasserstoff an der Ausströmungsspitze an und erhitzt gleichzeitig das schwer schmelzbare Glasrohr vor der Verengung.

Man lässt so den Apparat 10 Minuten lang in Gang und überzeugt sich, dass an der verengten Stelle keine Ablagerung eines Metallspiegels eintritt, dass also die Reagentien frei von Arsen sind.

Nun giesst man die salzsaure Lösung der Farben in den Apparat und lässt neuerdings 10 Minuten lang glühen.

Bei Gegenwart von Arsenverbindungen bildet sich gasförmiger Arsenwasserstoff, der an der glühenden Stelle zerlegt wird in Wasserstoff und metallisches Arsen, das sich an der kalten, verengten Stelle deutlich als braunschwarzer, glänzender Metallspiegel absetzt.

Antimon

Da jedoch auch Antimonverbindungen einen (allerdings matten, grauen) Spiegel liefern, so ist eine Identitätsprüfung erforderlich.

In einer Lösung von chlorfreiem, unterchlorigsaurem Natron (hergestellt durch Fällen von Chlorkalklösung mit Natriumkarbonatlösung) lösen sich die Arsenflecke leicht, Antimonflecke nicht.

Man leitet das Gas, ohne zu glühen, in eine Lösung von salpetersaurem Silber: bei Gegenwart von Arsen fällt schwarzes, metallisches Silber aus, das Arsen bleibt in Lösung und liefert, nachdem alles Silber mit überschüssiger Salzsäure ausgefällt ist, mit Schwefelwasserstoff eine gelbe Fällung von Arsensulfür; Antimon hingegen fällt mit dem Silber aus und die Lösung bleibt (nach der Fällung des Silbers mit Salzsäure) mit Schwefelwasserstoff klar.

Nach diesem Verfahren lassen sich Arsenmengen erkennen, welche auf 100 qcm Stoff u. s. w. weniger als 2 mg betragen. Es ist daher zweckmässig, sich Vergleichsspiegel herzustellen aus einer Menge von 2 mg arseniger Säure (0,2 g arsenige Säure mit etwas Salzsäure auf 1 Liter gelöst und hievon 10 ccm zur Untersuchung genommen) und diese Spiegel zugeschmolzen aufzubewahren.

Zur Vergleichung ist es jedoch nötig, stets möglichst gleichmässig zu arbeiten.

Kosmetische Mittel.

Nach § 3 des Gesetzes vom 5. Juli 1887 dürfen zur Herstellung von kosmetischen Mitteln zur Pflege, Reinigung oder Färbung der Haut, des Haares oder der Mundhöhle (Seifen, Pomaden, Mundwasser, Zahnwasser, Zahnpulver, Zahntinkturen, Zahnseifen, Zahnlatwergen, Pasten, Schminken, Haarwasser, Haarfärbemittel, Haaröle, Schönheitswasser, Coldcream, Lippenpomade, Puder) die in § 1 Abs. 2 bezeichneten Stoffe nicht verwendet werden mit Ausnahme von schwefelsaurem Baryt (Schwerspath, blanc fixe), Schwefelkadmium, Chromoxyd, Zinnober, Zinkoxyd, Schwefelzink, Kupfer, Zinn, Zink und deren Legierungen in Form von Pulver.

Die Untersuchung wird nach dem angegebenen allgemeinen Gang S. 338 vorgenommen.

Litteratur über Gebrauchsgegenstände:

E. Sell: Über blei- und zinkhaltige Gegenstände. Arbeiten a. d. kais. Gesundheitsamt II. 112.
Technische Erläuterungen zu dem Entwurf eines Gesetzes, betr. die Verwendung gesundheitsschädlicher Farben etc. a. a. O. II. 232.
R. Kayser, Vereinbarungen. 223.

Gespinnstfasern.

Zur Herstellung von Kleiderstoffen oder Möbelzeug werden tierische und pflanzliche Fasern benützt.

Von tierischen Stoffen finden Verwendung: Wolle (Schafwolle, Angora, Alpakawolle), Seide; von pflanzlichen: Lein, Hanf, Baumwolle, Jute, Nessel u. s. w.

Zur Untersuchung, ob ein Gewebe pflanzliche Fasern enthält, kocht man nach Molisch ein Stückchen des Gewebes mit Wasser und wäscht es tüchtig aus. Dann übergiesst man das Gewebe mit 2 Tropfen einer 10 prozentigen Thymollösung und 2 ccm Schwefelsäure und schüttelt: bei Gegenwart von pflanzlichen Fasern tritt eine Rotfärbung ein, eine Reaktion der Kohlehydrate,

welche durch die Schwefelsäure aus der Cellulose gebildet werden. Tierische Fasern geben diese Reaktion nicht.

Die Unterscheidung erfolgt am sichersten auf mikroskopischem Wege.

Zur Untersuchung zerzupft man einen Faden, bringt ihn auf dem Objektträger in einen Tropfen Wasser, bedeckt mit einem Deckglas und untersucht bei 300facher Vergrösserung.

Aus den vielen gegenwärtig verwendeten Spinnfasern. können nur folgende hervorgehoben werden:

Tafel III.

1. Faser dick, rund, mit dachziegelförmigen Hautschuppen; oft fortlaufende oder unterbrochene Kanäle, mit Anilinsulfat keine Färbung: Wolle.
2. Faser sehr dünn, völlig rund und glatt, stark glänzend, ohne Kanal, mit Anilinsulfat keine Färbung; Seide.
3. Faser stärker als Seide, rund, wenig gedreht, mit dünnem Längskanal; mit Anilinsulfat schwach färbend: Lein.
4. Faser wie 3, mit Anilinsulfat gelb färbend, Längskanäle und paralelle Streifung: Hanf.
5. Faser flach, bandartig gewunden, mit deutlichem Kanal: Baumwolle.

Litteratur: Dammer: Lexikon d. Verfälschungen. 1887. S. 839.
v. Höhnel: Mikrosk. d. techn verwend. Faserstoffe. 1887.

VIII.

Baumaterialien, Ventilation, Heizung und Beleuchtung.

Baumaterialien.

Als Baumaterialien für unsere Wohnungen dienen hauptsächlich Steine und zwar

Bruchsteine: Sandstein, Granit, Basalt, Kalkstein;
künstliche Steine: Ziegel-, Klinker-, Kokssteine.

Als Bindemittel wird hiezu Luftmörtel, ein Gemenge von Ätzkalk, Sand und Wasser verwendet, seltener Cementmörtel.

Ferner Holz und Metalle (hauptsächlich Eisen).

Probenahme

Zur Untersuchung verschafft man sich von Steinen zweckmässig Würfel, von 10 cm Seitenlänge, also rechtwinklige Stücke von 1000 ccm Inhalt; für gewisse Bestimmungen genügen kleinere, unregelmässige Stücke von 100—200 ccm.

Von Holz wählt man zweckmässig geformte Stücke aus, die dem Lagerungsverhältnis des Holzes Rechnung tragen, da es nicht gleichgiltig ist, ob Holz nach der Längs- (Langholz) oder Radialrichtung (Stirnholz) untersucht wird.

Bestimmung des Porenvolumens von Steinen.

a) Ein Stück lufttrockener Stein wird genau abgewogen, dann in eine Schale mit kochendem Wasser gebracht und darin so lange gekocht, bis alle Luftblasen entwichen sind.

Nach der Abkühlung in kaltem Wasser trocknet man den Stein äusserlich gut ab und wägt neuerdings: Die Gewichtszunahme in g ist gleich dem Porenvolumen in ccm, gleich dem Gewichte oder Volumen des aufgenommenen Wassers. Porenvolumen der Steine

b) Man ermittelt nun das Gesamtvolumen des Steines. Auf einer Wage tariert man ein Wasser enthaltendes Becherglas genau und hängt dann den Stein an einem feinen Messingdraht so auf, dass er vollständig im Wasser schwebt. Der Stein wird nun ebensoviel g Wasser verdrängen, als er ccm Volumen besitzt; das Gewicht, das man auflegen muss, um die Wage wieder ins Gleichgewicht zu bringen, ist das Gesamtvolumen des Steins in ccm. Gesamtvolumen

Man rechnet dann das Porenvolumen auf Prozente des Gesamtvolumens um, z. B.:

1 Stück Ziegelstein wog trocken	85 g
Nach dem Kochen im Wasser	105 g
Zunahme = Porenvolumen	20 g = 20 ccm.

Auf der Wage verdrängte der Stein 80 g Wasser; sein Gesamtvolumen war also 80 ccm.

In 80 ccm Gesamtvol. waren somit 20 ccm Porenvolumen,
„ 100 ccm „ sind somit $\frac{100 \times 20}{80}$ ccm Porenvol.,

d. h. das Porenvolumen des Steines ist 25 %.

Will man sich über die Porosität eines Steines nur im Allgemeinen rasch orientieren, so benützt man ein in Frankreich übliches Verfahren: Man lässt auf die trockene Steinfläche einen Wassertropfen fallen; wird derselbe sofort oder längstens in einer Minute aufgesogen, so nennen die Techniker einen solchen Stein porös. Porosität

Die Porosität der Backsteine, deren Kenntniss häufig in Betracht kommt, lässt sich auch durch Rechnung ermitteln. Die Porosität der Backsteine ist von der Natur des zur Herstellung verwendeten Thones, vom Verhältniss der Thonsubstanz zu den Magerungsmitteln und vom Grade des Brennens abhängig. Ist der Thon gefrittet, so dass ein geflossener Scherben entsteht, so ist die Porosität sehr gering, oft nahezu gleich Null, während sie vor dem Fritten bis zum Hartbrand bei gleichem Material sich nicht wesentlich verändert. Das spezifische Gewicht der Thone ist im Schwachbrande vor dem Fritten nach den vergleichenden Untersuchungen Olschewsky's nahezu gleich, nämlich 2,6. Dies giebt ein Mittel an die Hand, den Porositätsgrad von Backsteinen auch ohne die Anwendung der Wassertränkungsmethode, welche oben beschrieben wurde, genau zu ermitteln.

Das Gewicht P (in Kilogramm) eines Backsteines im trockenen Zustand, dividiert durch das leicht zu messende Volumen V (in Kubikmetern), giebt das Gewicht der Volumeneinheit

$$\gamma = \frac{P}{V} \text{ Kilogramm pro 1 cbm.}$$

Das spezifische Gewicht der Backsteinmasse zu 2,6 angenommen, ergiebt das gesamte Volumen C aller Hohlräume

$$C = 1 - \frac{\gamma}{2600} \text{ Kubikmeter.}$$

Da jedoch der Porositätsgrad in Gewichtsprozenten des Steines ausgedrückt wird, so erhält man für die Porositätsbestimmung der Backsteine:

$$C = \frac{100000}{\gamma}\left(1 - \frac{\gamma}{2600}\right) \text{ Prozent.}$$

Wasserdurchlässigkeit der Dachziegel.

Wasserdurchlässigkeit der Dachziegel

Bei Bedachungsmaterialien, namentlich bei Dachziegeln, kommt neben dem Wasseraufnahmevermögen auch

das Wasseraufsaugevermögen der Oberfläche und die Wasserdurchlässigkeit in Betracht.

Zur Bestimmung derselben werden die Ziegelproben so gross gewählt, dass sie etwa 20 bis 25 ccm Wasser aufzusaugen vermögen. Nach dem Trocknen werden dieselben an den Rändern mit einem Wachsanstrich versehen. Auf die eine Oberfläche der so vorbereiteten Proben wird nun eine cylindrische Röhre von 10 Quadratcentimeter lichtem Querschnitt mit Wachs senkrecht stehend aufgedichtet und in diese mittelst einer Pipette Wasser von bestimmter Menge eingelassen. Alsdann wird die Zeit beobachtet:

1. welche zum Einziehen der zuerst aufgegebenen 10 ccm Wasser erforderlich ist,
2. welche vergeht, bis sich bei weiterer Zuführung von 10 ccm Wasser an der unteren Fläche oder Scheibe eine thauartige Durchfeuchtung zeigt, und
3. innerhalb welcher nach nochmaligem Auffüllen von 10 ccm Wasser, an der unteren Fläche Tropfenbildung entsteht; oder es wird die Wassermenge ermittelt, welche bei etwaiger Durchlässigkeit des Dachziegels in ein untergesetztes Becherglas tropft.

Frostbeständigkeit.

Zur Prüfung der Frostbeständigkeit natürlicher Steine werden dieselben in Würfelform von 7 cm Kantenlänge, deren gegenüberliegende Druckflächen genau geebnet sind, verwendet. **Frostbeständigkeit**

Künstliche Steine, Ziegelsteine etc. werden in der Form zum Versuch benützt, wie sie der Fabrikant liefert.

Diese Steinwürfel werden zunächst bei 30° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und nach dem Erkalten gewogen.

Alsdann wird durch Ausmessen oder mittelst der hydrostatischen Wage das Volumen ermittelt. (S. 349.)

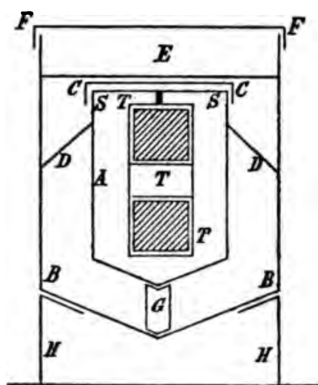
Das Gewicht des Würfels dividiert durch das Volumen ergiebt das spezifische Gewicht des Steines.

Bevor behufs Ermittelung des Volumens der in Wasser aufgehängte Stein gewogen wird, muss alle Luft aus den Poren desselben verdrängt werden. Dies geschieht dadurch, dass die Steinwürfel zunächst nur 2 cm tief in destilliertes Wasser von 15 bis 20° C getaucht werden, in welchem sie etwa 24 Stunden liegen bleiben. Erst nach und nach wird so viel Wasser zugegeben, dass sich die Steine vollständig unter Wasser befinden.

Nach zwei Tagen werden die Steine aus dem Wasser herausgenommen, mit einem Tuch gut abgetrocknet und in Wasser aufgehängt (hydrostatische Wage) gewogen.

Nunmehr bringt man die vollständig durchfeuchteten Steine in den von A. Blümcke konstruierten Gefrierapparat, von welchem Fig. 86 einen Querschnitt darstellt. Die Steine kommen auf das Drahtgestell *T*, welches an der Stange *S* aufgehängt ist und das sich in dem cylindrischen, unten trichterförmig verlaufenden und durch den Deckel *C* verschlossenen Blechgefäss *A* befindet. *A* ist in das grössere, gleich geformte Gefäss *B* so eingelassen, dass zwischen beiden ein Zwischenraum von 5 cm bestehen bleibt, der mit einer Kältemischung ausgefüllt wird. *A* wird getragen durch die Stütze *G* und in seiner Lage durch die Drähte *D*, welche an entsprechenden Ösen befestigt sind, fixiert. Auf *B* ruht das durch den Deckel *F* verschliessbare, 5 cm hohe Gefäss *E*, das ebenfalls zur Aufnahme von Kältemischung dient. Die ganze Vorrichtung steht auf einem einfachen Gestell *H*. Das

Fig. 86.



ebenfalls 4 Stunden
in den Gefrierkaste
und wieder aufgetha
(Gefrieren und Aufth

Ein Versuch da
Steine während der

Nach dem letzt
werden die Steine na
unter Wasser, dann
gewogen, und auf
Trockengewicht nach
Änderungen derselbe
wicht gefunden.

Die in dem Auf
abgelösten Teilchen
getrocknet und gewo

Das filtrierte Au
schale verdampft und
gewogen. Der in de
(in Prozent umgere
durch das Wiegen d
überein.

Ausserdem werd
Risse, Sprünge etc.),
Gefrieren erleidet, g

farbigem Stift auf demselben angemerkt, und zwar geschieht dies nach jedesmaligem Gefrieren und Aufthauen.

Beispiel:

Tabelle XXIII.

Material	Spez. Gewicht	Wasseraufnahme in Vol.-%	Zahl der Gefrierungen	Gewichtsverlust	Bemerkungen
weisser Sandstein von Langenzenn	1.97	22.6	2	5.0088	zeigt Sprünge und Ablösung grösserer Stücke.
grüner Sandstein von Ellingen	2.00	24.1	3	0.7446	zeigt Risse durch das ganze Stück hindurch.
roter Sandstein aus Rothenfels a/M.	2.31	11.3	24	0.0820	zeigt keine makroskopische Veränderung.

Bestimmung des Wassergehaltes des Mörtels.

Wassergehalt des Mörtels

Beim Mörtel hat man zu unterscheiden zwischen dem als Lösemittel dienenden Wasser und dem chemisch gebundenen Wasser des Calciumhydrats, welches durch die Kohlensäure der Luft nach und nach ausgeschieden wird.

Zur Bestimmung des als Lösungsmittel dienenden Wassers verfährt man nach Glaessgen folgendermassen:

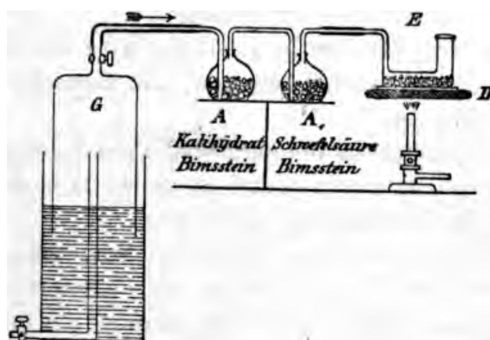
Man nimmt von dem zu untersuchenden Mörtel gute Durchschnittsproben, indem man an verschiedenen Stellen des Zimmers sowohl von dem oberflächlichen Verputz als auch von dem zwischen den Steinen befindlichen Mörtel Proben entnimmt, gut durchmischt und in einem Glas mit gut schliessendem Glasstopfen in das Laboratorium bringt.

Man trennt nun die feineren Teile des Mörtels von den gröberen, indem man die feineren durch ein Sieb reibt, dessen Maschen 2 mm Abstand haben. Nur der feinere Teil wird zur Prüfung auf Wasser verwendet.

Man wägt davon 20 g ab und bringt sie in eine Liebigsche Trockenente *E*, welche man auf ein mit Asbest bedecktes Drahtnetz *D* stellt (Fig. 87).

Über den Mörtel leitet man trockene, von Kohlensäure befreite Luft, indem man mittelst eines Gasometers *G*

Fig. 87.



einen schwachen Luftstrom erst durch ein Kölbchen *A* mit Kalihydratbimsstein zur Aufnahme von Kohlensäure, dann durch ein solches A_1 mit Schwefelsäurebimsstein zur Aufnahme von Wasser presst und gleichzeitig die Ente vorsichtig erhitzt.

Die trockene, von Kohlensäure befreite Luft nimmt aus dem Mörtel alles nicht chemisch gebundene Wasser auf. Man lässt nach 1 Stunde langem Erhitzen im kohlensäurefreien, trockenen Luftstrom erkalten und wägt und erhitzt neuerdings 1 Stunde, um zu ersehen, ob noch weiterer Verlust stattfindet.

Der Gesamtgewichtsverlust ist gleich dem im abgewogenen Mörtel vorhanden gewesenen, nicht chemisch gebundenen Wasser.

Lehmann und Nussbaum (Archiv f. Hygiene Bd. IX. S. 139) bestimmen den Gehalt des Mörtels an freiem Wasser, indem sie die Durchschnittsprobe des Feinmörtels in einem Platinschiffchen abwägen und dann in einer Verbrennungsröhre bei 105—110° $1^1/_2$ Stunden

lang trocknen, während ein konstanter, durch Kalihydratbimsstein von Kohlensäure und durch Schwefelsäurebimsstein von Wasser befreiter Luftstrom durchgesaugt wird.

Die Verbrennungsröhre hängt hiebei in einem aus einem Kupferblechcylinder gebildeten Luftbad, das durch zwei Flammen geheizt wird, während ein Thermometer die Temperaturregulierung gestattet.

Nach dem Erkalten im Exsikator wird das Schiffchen mit dem Mörtel wieder gewogen, die Gewichtsabnahme ist freies Wasser.

Diese Versuchsanordnung gestattet gleichzeitig mehrere (4—5) Proben zu trocknen und ausserdem fällt das lästige Springen der Liebigschen Enten weg.

Mit Hülfe der obigen Methoden kann man nur ermitteln, wie viel Prozent Wasser der Feinmörtel enthält, man kann aber keine Vorstellung darüber gewinnen, wie viel Wasser in dem gesamten inneren Mörtelbewurf eines Zimmers enthalten ist und wie viel Wasser noch verdampfen muss, damit das Zimmer als trocken bezeichnet werden kann. Die Methoden von Glaessgen, Lehmann und Nussbaum sind auch deshalb fehlerhaft, weil das unvermeidliche Sieben einen Wasserverlust bedingt, welcher je nach dem Wassergehalt des Mörtels und dem Sättigungsdefizit der Luft grösser oder kleiner ist und die Methode von Lehmann und Nussbaum ist auch noch mit einem weiteren Fehler behaftet, welcher darauf beruht, dass nach derselben der Wassergehalt des Gesamtmörtels aus dem Wassergehalt des Feinmörtels unter Vernachlässigung des Wassergehaltes der Steine berechnet wird. Der Wassergehalt der Steine kann aber mehr als 3% betragen.

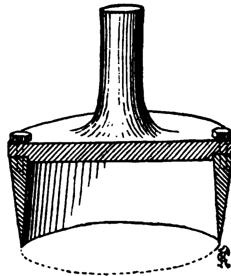
R. Emmerich*) hat nun eine Methode angegeben, durch welche die erwähnten Fehler vermieden werden und durch welche man neben dem prozentigen Wassergehalt des Gesamtmörtels auch diejenige Wassermenge

* Münchener medizinische Wochenschrift. 1892. Nr. 18.

ermitteln kann, welche in dem Mörtelbewurf des ganzen Zimmers enthalten ist. Man verfährt zu diesem Zwecke folgendermassen:

Man misst Länge, Breite und Höhe des Zimmers und benützt zur Entnahme der Mörtelproben eine Stanze aus Stahl (Fig. 88) auf deren massiver Grundplatte beliebig grosse cylinderförmige Stahlschneiden von 1 *), $^1/_2$ oder $^1/_4$ qdcm grossem Querschnitt aufgeschraubt werden können. Diese Stanze wird mit ihrer Schneide auf die Mauerfläche gesetzt und durch einige wuchtige, auf den Stiel der Stanze geführte Hammerschläge durch den Mörtelbewurf hindurch bis auf die Steine in die Mauer getrieben. Die keilförmige Wandung der Stanze drängt die im Mörtel befindlichen Kieselsteine zur Seite und dringt deshalb leicht, ohne dass die Schneide schartig wird, bis auf die Mauersteine ein. Ist letzteres geschehen, dann führt man auf die Seitenwand der Stanze einige leichte Hammerschläge und hebt die kreisrunde Mörtelscheibe heraus. Etwaige an den Steinen haftende Mörtelreste werden mit einem Meissel sorgfältig abgeflächt und in die Stanze gebracht. Ein Schaden wird hierdurch nicht verursacht, da die regelmässigen Defekte der Wand sehr leicht sofort mit Gyps ausgefüllt und verstrichen werden können. Diese mit den Stanzen entnommenen Mörtelproben werden in denselben zerrieben und nachdem die Stanzen mit dicht schliessenden Deckeln verschlossen sind, ins Laboratorium transportiert.

Fig. 88.

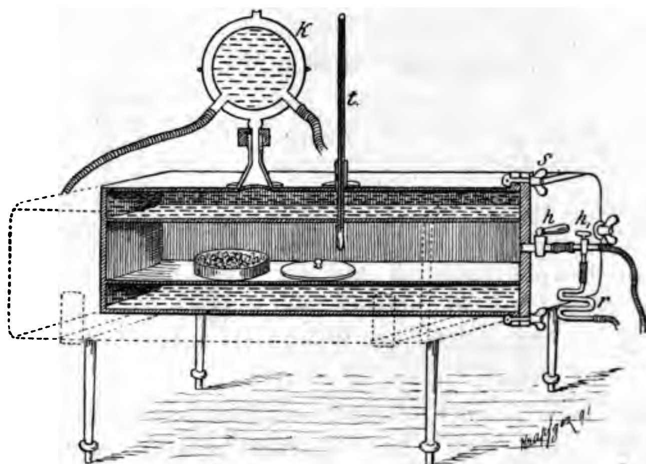


---

*) Eine mit der Stanze ausgestochene 1 qdcm grosse Mörtelscheibe wiegt circa 400 g und wird zu je 200 g in zwei Schalen verteilt, während für eine 0,5 qdcm grosse Mörtelscheibe eine Schale ausreichend ist.

Dort verteilt man den Inhalt einer jeden Stanze in ein oder zwei flache, trocken gewogene Nickelschalen (von 11 cm Durchmesser), bestimmt das Gewicht und stellt dieselben in den vorher angeheizten Vacuumapparat. (Fig. 89). Dieser Apparat*) ist nach dem Prinzip des

Fig. 89.



Soxhletschen Schnelltrockenschrankes aus Kupfer hergestellt. Der Apparat ist doppelwandig und der Zwischenraum mit Wasser gefüllt, welches vermittelst eines Bunsenbrenners siedend erhalten wird, so dass der möglichst klein bemessene Innenraum von allen Seiten mit dem siedenden Wasser umgeben ist und an allen Stellen die gleiche Temperatur besitzt. Ein Soxhletscher Kühler (*K*) verhindert das Verdampfen des Wassers und ein luftdicht eingefügtes Thermometer (*T*) zeigt die Temperatur des Innenraumes an.

Nachdem die Proben in den Apparat gestellt wurden, wird der Deckel fest aufgeschraubt und das Ausgangsrohr nach Einschaltung eines Dreiweghahnes (h_1) aus

*) Anmerkung. Der Apparat ist unrichtig gezeichnet, da selbstverständlich auch die hintere Wand doppelwandig sein muss.

Glas mit einer Wasserstrahlluftpumpe in Verbindung gesetzt. Man sieht an der in der Glasröhre vor sich gehenden Kondensation von Wasserdämpfen, ob noch Wasser entweicht, oder ob der Mörtel getrocknet ist. Da sich die breiten Grundflächen der Nickelschalen in direktem, leitendem Kontact mit der auf 100° C erhitzten Bodenfläche des Apparates befinden, so geht die Trocknung sehr rasch von statten und ist in der Regel nach 1 Stunde beendet. 1/4 Stunde nach dem Aufhören der Bethauung der Glasröhre unterbricht man die Verbindung mit der Wasserstrahlluftpumpe unter geeigneter Benützung des Dreiweghahnes und lässt durch ein an den letzteren befestigtes, mehrfach U-förmig gebogenes, zum Teil mit Chlorcalcium und im Übrigen mit Natronkalk gefülltes Rohr (*r*) wasser- und kohlensäurefreie Luft in den Apparat eintreten, öffnet den Deckel, bringt die Schalen in Exsikatoren, wägt nach dem Erkalten und erfährt so den Wassergehalt des Gesamtmörtels.

Beispielsweise wurde der Wassergehalt einer Mörtelprobe zu 7 Prozent ermittelt. Das Zimmer hatte eine Breite und Länge von je 5 Meter und eine Höhe von 3,90 Meter und der Wassergehalt des gesamten inneren Mörtelbewurfs (Zimmerdecke ausgenommen) ergab sich zu 238 Liter. Da Glaessgen verlangt, dass der Mörtelbewurf eines Zimmers, wenn es trocken und bewohnbar sein soll, höchstens 1 Prozent Wasser im Feinmörtel enthält, so dürfte der innere Mörtelbewurf des untersuchten Zimmers, um dieser Forderung zu entsprechen, höchstens 24 Liter Wasser enthalten. Es müssten somit in diesem Falle noch 214 Liter Wasser aus dem Mörtelbewurf durch Verdampfen entfernt werden, damit das Zimmer trocken und bewohnbar wird.

Durch diese Art der Berechnung kann man in streitigen Fällen auch dem Richter und Laien leicht eine richtige Vorstellung von dem Feuchtigkeitszustand eines Raumes verschaffen, während derselbe mit der Angabe,

dass der Mörtel des Zimmers 7 Prozent Wasser in Feinmörtel enthalte, wenig anzufangen vermag.

Da aber die Forderung Glaessgens (nach welcher der Wassergehalt des Feinmörtels auf 1 Prozent gesunken sein muss, damit ein Raum als trocken und bewohnbar erklärt werden kann) zu streng erscheint, so dürfte es sich empfehlen, statt dessen einen Wassergehalt des Gesamtmörtels (mit dem Vacuumapparat bestimmt) von 2 Prozent als Norm der Trockenheit zu fordern.

Die Bestimmung des Hydratwassers bietet hygienisch wenig Interesse, nachdem konstatiert ist, dass dessen Menge gegenüber der des freien Wassers eine sehr geringe ist.

Lehmann und Nussbaum fanden, dass die Methode Glaessgen zu geringe Werte liefert, und bestimmen das Hydratwasser im Anschluss an die Bestimmung des freien Wassers, indem sie das Platinschiffchen mit dem Mörtel in der Verbrennungsröhre stark glühen, während ein trockener, kohlensäurefreier Luftstrom hindurch geht Das Wasser wird dann in einem gewogenen Absorptionsapparat mit konzentrierter Schwefelsäure aufgefangen.

Ventilation.

I. Natürliche Ventilation.

Natürliche Ventilation

Man kann sich zur Messung der sehr geringen Luftdruckunterschiede, welche die natürliche Ventilation durch die Poren der Wände und Decken unserer Wohnräume verursachen, des Recknagelschen Differenzialmanometers (Seite 380) bedienen.*)

Für gewöhnlich benützt man jedoch die Pettenkofersche Methode.

Man misst Bodenfläche und Höhe des zu untersuchenden Raumes, berechnet den Kubikinhalt und entwickelt darin eine beliebige Menge Kohlensäure, z. B. durch Verbrennen von Kerzen oder Entwickeln aus kohlensauren Salzen mittelst Säuren, mischt die Luft gut durch und entfernt die Kohlensäurequelle.

*) Vergl. Recknagel: Sitzungsber. d. k. b. Akad. d. Wissensch., 6. Juli 1878, 6. Dezember 1879 u. Zeitschrift f. Biologie. Bd. XV.

Man bestimmt nun den Kohlensäuregehalt der Luft, welche Bestimmung man in Abständen von 15 Minuten mehrmals wiederholt.

War natürliche Ventilation vorhanden, so hat eine Mischung und Verdrängung der kohlensäurehaltigen Luft durch Luft von aussen stattgefunden, man muss also dann weniger Kohlensäure finden, als beim vorhergehenden Versuch.

Die Menge der eingeströmten Luft, also die Grösse der natürlichen Ventilation, berechnet sich dann nach der Formel von Seidel: Seidelsche Formel

$$x = 2{,}303 \times m \times \log.\frac{p_1 - a}{p_2 - a} \text{ cbm},$$

worin m = Kubikinhalt des Raumes in cbm,
p_1 = Kohlensäuregehalt am Anfang des Versuchs
p_2 = „ „ Ende „ „
a = „ der freien Luft
x = eingeströmte Luftmenge.

Beispiel: Ein leeres Zimmer ergab bei der Ausmessung

5,37 m Länge,
3,35 m Breite,
4,64 m Höhe.

Der Kubikinhalt des Zimmers ist also

$$5{,}37 \times 3{,}25 \times 4{,}64 = 80{,}98 \text{ cbm}.$$

Hievon ist in Abzug zu bringen der Kubikinhalt eines runden Ofens von 0,21 m Radius und 1,65 m Höhe, also

$$0{,}21 \times 0{,}21 \times 3{,}14 \times 1{,}65 = 0{,}234 \text{ cbm}.$$

Der wirklich freie Raum des Zimmers ist also

$$(80{,}98 - 0{,}23) = 80{,}75 \text{ cbm}.$$

(Für gewöhnlich braucht man in Zimmern keine Abzüge vom Produkt aus Grundfläche und Höhe für Öfen und Möbel zu machen, und für Fenster und Thürnischen nichts hinzuzuzählen, da diese Korrekturen doch nie wesentliche Unterschiede machen.)

In diesem Raume wurden nun Kerzen angezündet, nach einstündigem Brennen ausgelöscht, die Luft im Zimmer mittelst Fächer gut durchmischt und darin eine Kohlensäurebestimmung nach der Pettenkoferschen Methode ausgeführt.

Nach 15 Minuten wurde eine zweite, und nach je weiteren 15 Minuten eine dritte, vierte und fünfte Kohlensäurebestimmung, und ebenso eine Kohlensäurebestimmung der freien Luft ausgeführt.

Die sämtlichen Resultate wurden auf 0° Temperatur und 760 mm Druck umgerechnet und ergaben:

	Kohlensäuregehalt	am Anfang des Versuchs	3,590‰
a)	„	nach 15 Minuten . . .	3,372 „
b)	„	„ 30 „ . . .	3,170 „
c)	„	„ 45 „ . .	3,080 „
d)	„	„ 60 „ . . .	2,806 „
	„	in freier Luft	0,350 „

Man berechnet nun die Ventilationsgrösse für je 15 Minuten, indem man die entsprechenden Werte in die Seidelsche Formel einsetzt: $m = 80,75$.

a) $p_1 = 3,59‰ \quad p_2 = 3,372‰ \quad a = 0,35‰$

$$x = 2,303 \times 80,75 \times \log. \frac{3,590 - 0,350}{3,372 - 0,350}$$

$$= 2,303 \times 80,75 \times 0,03026$$

$= 5,64$ cbm.

b) $p_1 = 3,372‰ \quad p_2 = 3,170‰ \quad a = 0,350‰$

$$x = 2,303 \times 80,75 \times \log. \frac{3,373 - 0,350}{3,170 - 0,350}$$

$= 5,6$ cbm.

c) $p_1 = 3,17‰ \quad p_2 = 3,08‰ \quad a = 0,35‰$

$$x = 2,303 \times 80,75 \times \log. \frac{3,17 - 0,35}{3,08 - 0,35}$$

$= 5,57$ cbm.

d) $p_1 = 3,080‰ \quad p_2 = 2,806‰ \quad a = 0,350‰$

$$x = 2,303 \times 80,75 \times \log. \frac{3,08 - 0,35}{2,806 - 0,350}$$

$= 5,60$ cbm.

Die Menge der eingeströmten Luft betrug daher

in den	ersten	15	Minuten	.	5,64 cbm
„ „	zweiten	15	„	.	5,60 „
„ „	dritten	15	„	.	5,57 „
„ „	vierten	15	„	.	5,60 „

Die Ventilation ist daher eine fast ganz gleichmässige und beträgt in einer Stunde 22,41 cbm.

Um zu erfahren, nach welcher Zeit vollständige Erneuerung der Luft im Zimmer eintritt, hat man anzusetzen:

in 1 Stunde strömen ein 22,41 cbm Luft, also in
x Stunden . . . . . 80,75 cbm,
woraus x = 3,63 Stunden,

d. h. bei der vorhandenen natürlichen Ventilation tritt in 3 Stunden 40 Minuten eine völlige Lufterneuerung ein.

Recknagels Methode aus 2 Kohlensäurebestimmungen die Ventilationsgrösse zu bestimmen.*)

Recknagels Methode

Die Beziehungen zwischen dem anfänglichen Kohlensäuregehalt c_1 (Volum-pro mille), dem schliesslichen Gehalte c_2 der Zimmerluft, dem Kohlensäuregehalt c der zugeführten (Ventilations-)Luft, der stündlich im Zimmer selbst produzierten Kohlensäuremenge l (Liter), dem kubischen Inhalte des Zimmers K (Kubikmeter), der stündlich zugeführten Luftmenge V (Kubikmeter) und der Zeitdauer t (Stunden) des Versuches sind:

$$\frac{c_2 - c - \left(\frac{l}{K} : \frac{V}{K}\right)}{c_1 - c_2} = \frac{1}{l_K^V t - 1}$$

*) Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der k. bayer. Akademie der Wissenschaften 1891 Bd. XXI Heft 1.

Setzt man den Buchstaben ζ[1]) für das Verhältniss $\frac{l}{K}$ und E an die Stelle von $\frac{V}{K}$[2]), bezeichnet ferner die rechte Seite der Gleichung, nämlich

$$\frac{1}{lEt-1} \text{ mit } f$$

so ist:
Gleich 2.)

$$\frac{c_2 - c - \zeta : E}{c_1 - c_2} = f$$

die mittelst der Tafel nach E aufzulösende Gleichung.

Die Auflösung dieser Gleichung soll an einigen Beispielen gezeigt werden.

Erstes Beispiel. Der Kohlensäuregehalt eines Lehrsaales hatte, nachdem die Schüler und die Beobachter denselben verlassen, in 30 Minuten von 3,55 auf 2,93 pro mille abgenommen. Es soll aus diesen Angaben der Grad der Lufterneuerung berechnet werden.

Da während der Beobachtungszeit Kohlensäure im Saale nicht produciert wurde, ist in Gleichung 2.)

$$\zeta = 0$$

zu setzen. Für c (den Kohlensäuregehalt der zuströmenden Luft) wird der Wert 0,4 angenommen. Somit wird

$$f = \frac{2{,}93 - 0{,}4}{3{,}55 - 2{,}93} = 4{,}08.$$

In Tabelle *XXIVa* findet man unter dem Kopfe 30 Minuten den Wert 4,08 angegeben und erhält als entsprechende Lufterneuerung E=0,44. Der stündliche Luftwechsel beträgt somit 0,44 des Rauminhaltes, und da dieser 340 Kubikmeter ist, berechnet sich die stündlich zuströmende, der abströmenden gleiche Luftmenge zu 0,44 · 340 oder 150 Kubikmeter.

---

[1]) ζ ist derjenige Kohlensäuregehalt (ζ pro mille), um welchen die Zimmerluft bei Mangel jeder Ventilation stündlich zunehmen würde.

[2]) $E = \frac{V}{K}$ ist die stündliche (relative) Lufterneuerung.

Zweites Beispiel. In einem durch Luftzufuhr aus dem Freien ventilierten kleinen Zimmer von 60 Kubikmeter Inhalt sank bei Anwesenheit des Beobachters der Kohlensäuregehalt in 20 Minuten von $c_1 = 2{,}31$ auf $c_2 = 1{,}53$. Wie gross war der stündliche Luftwechsel?

In die vollständige Gleichung 2.)

$$\frac{c_2 - c - \zeta : E}{c_1 - c_2} = f$$

ist zunächst der Wert von $\zeta = \frac{l}{K}$ einzuführen. Da eine Person im Zimmer atmete, darf für die stündliche Kohlensäureproduktion (l) der Mittelwert 20 Liter gesetzt werden.

Somit ist $\zeta = \frac{20}{60} = \frac{1}{3}$ und die Gleichung

$$\frac{1{,}53 - 0{,}4 - \frac{1}{3\,E}}{2{,}31 - 1{,}53} = f$$

durch Probieren nach E aufzulösen, d. h. man hat E so lange zu ändern, bis man denjenigen Wert von E gefunden hat, welcher bewirkt, dass beide Seiten der Gleichung den gleichen Zahlenwert erhalten.

Nimmt man zunächst für E einen beliebigen in der ersten Kolonne der Tafel enthaltenen Wert an, z. B. $E = 1$, so giebt die Tafel in der mit 1,0 beginnenden Zeile unter dem Kopfe 20′ den zugehörigen Wert von f (= 2,53). Derselbe Wert (1) von E ist in den auf der linken Seite der Gleichung stehenden Bruch einzusetzen. (Letzterer soll künftig der Kürze wegen mit β bezeichnet werden.) Es wird

$$\beta = \frac{1{,}13 - \frac{1}{3 \cdot 1}}{0{,}78} = 1{,}03.$$

Hätte man zufällig das richtige E erraten, dann wären f und β gleich gross ausgefallen. Da dieses nicht der Fall ist, muss das Probieren fortgesetzt werden, und

es ist der Übersichtlichkeit wegen nützlich, die drei zusammengehörigen Werte von E, f und β in ein Täfelchen zusammenzustellen.

$t = 20$ Minuten.

Nr.	E	f	β
1	1,0	2,53	1,03
2	2,0	1,05	1,28
3	1,8	1,22	1,21

Durch Zunahme von E wächst auch der Wert des Bruches β; hingegen nimmt f ab (wie aus der Tafel ersichtlich). Somit nähern sich in unserm Falle (wo $\beta < f$) die beiden Grössen β und f, wenn man E zunehmen lässt:

Anstatt aber nun in Abteilung 2 der Tafel ($XXIVb$) wieder einen beliebigen Wert von E zu wählen, scheint es förderlicher, zu erwägen, dass bei wachsendem E das β langsam zunimmt, während f rasch abnimmt. Das weist uns an, nicht E sondern f als willkürlich Veränderliche zu nehmen und seinen Werth ganz nahe an β also etwa auf denjenigen Tafelwert zu rücken, welcher zunächst oberhalb des derzeitigen Bruchwertes (1,03) liegt.

Damit kommt man auf $f = 1,05$.

Diesem entspricht $E = 2,0$ und

$$\beta = \frac{1,00}{0,78} = 1,28.$$

Indem man nun nochmals mit f dem β so nahe rückt als es ohne Überspringen seines Wertes geschehen kann, erhält man als dritte Partie zusammengehöriger Werte

$$f = 1,22, \quad E = 1,8, \quad \beta = 1,21.$$

Der Unterschied zwischen f und β ist nun so klein, dass man sich bei $E = 1,8$ beruhigen kann.

Drittes Beispiel. Bei Anwesenheit von zwei Personen in einem Zimmer von 100 cbm Luftinhalt sank in 30 Minuten der Kohlensäuregehalt von 1,75 auf 1,13 pro mille. Wie gross war der stündliche Luftwechsel?

Es ist beobachtet $c_1 = 1{,}75$; $c_2 = 1{,}13$ und angenommen $c = 0{,}4$; $\zeta = \frac{2 \cdot 20}{100} = 0{,}4$. Somit ist E aus der Gleichung.

$$f = \frac{0{,}73 - 0{,}4 : E}{0{,}62}$$

zu berechnen.

$t = 30$ Minuten.

Nr.	E	f	β
1	1	1,54	0,53
2	2	0,582	0,855
3	1,6	0,816	0,774
4	1,64	0,785	0,784

Man erhält für die erste willkürliche Annahme $E = 1$ die unter No. 1 eingetragenen Werte f und β, und geht nun wie im zweiten Beispiele mit f in Abt. 2 bis zu dem zunächst über ($\beta = 0{,}53$) liegenden Tafelwerte 0,582. Dadurch wird $E = 2$ und $\beta = 0{,}855$. Durch Fortsetzung desselben Verfahrens wird $f = 0{,}816$; $E = 1{,}6$; $\beta = 0{,}774$ erhalten.

Nun ist der Unterschied zwischen f und β kleiner geworden, als die Differenz zweier auf einander folgender Tafelwerte von f (nämlich 0,816 und 0,746); und daraus folgt zunächst, dass E zwischen 1,6 und 1,7 liegt.

Tab. XXIV a.

Tafel der Werte von 1 : (e^{Et}—1)

I. Abteilung.

E	10′	15′	20′	25′	30′	40′	50′	60′	120′	(Min. Beobachtungszeit $t = \frac{10}{60} \ldots$)
0,10	59,5	39,5	29,5	23,5	19,5	14,5	11,5	9,5	4,5	
0,12	49,5	32,8	24,5	19,5	16,2	12,0	9,5	7,8	3,7	
0,14	42,4	28,1	20,9	16,7	13,8	10,2	8,0	6,6	3,1	
0,16	37,0	24,5	18,3	14,5	12,0	8,9	7,0	5,8	2,7	
0,18	32,8	21,7	16,2	12,8	10,6	7,8	6,2	5,1	2,3	
0,20	29,5	19,5	14,5	11,5	9,5	7,0	5,5	4,5	2,03	
0,22	26,8	17,7	13,1	10,4	8,6	6,4	5,0	4,1	1,83	
0 24	24,5	16,2	12,0	9,5	7,8	5,8	4,5	3,7	1,63	
0,26	22,6	14,9	11,1	8,8	7,2	5,3	4,1	3,4	1,47	
0,28	20,9	13,8	10,2	8,1	6,6	4,9	3,8	3,1	1,34	
0,30	19,5	12,8	9,5	7,5	6,2	4,52	3,53	2,86	1,22	
0,32	18,3	12,0	8,9	7,0	5,8	4,22	3,28	2,65	1,13	
0,34	17,2	11,3	8,3	6,6	5,4	3,94	3,06	2,47	1,05	
0,36	16,2	10,6	7,8	6,2	5,1	3,69	2,86	2,31	0,97	
0,38	15,3	10,0	7,4	5,8	4,8	3,46	2,69	2,17	0,89	
0,40	14,5	9,5	7,0	5,5	4,52	3,27	2,53	2,03	0,82	
0,42	13,8	9,0	6,7	5,2	4,29	3,11	2,39	1,91	0,76	
0,44	13,1	8,6	6,4	4,9	4,08	2,94	2,26	1,81	0,71	
0,46	12,5	8,2	6,1	4,7	3,87	2,79	2,14	1,71	0,66	
0,48	12,0	7,8	5,8	4,5	3,69	2,65	2,03	1,62	0,62	
0,50	11,5	7,5	5,5	4,31	3,53	2,53	1,93	1,54	0,58	
0,52	11,1	7,2	5,3	4,13	3,38	2,42	1,84	1,47	0,55	
0,54	10,6	6,9	5,1	3,97	3,24	2,31	1,75	1,40	0,52	
0,56	10,2	6,6	4,9	3,82	3,11	2,21	1,68	1,34	0,49	
0,58	9,8	6,4	4,7	3,67	2,98	2,12	1,61	1,28	0,46	
0,60	9,5	6,2	4,52	3,53	2,86	2,03	1,54	1,22	0,43	
0,62	9,2	6,0	4,36	3,41	2,75	1,94	1,48	1,17	0,41	
0,64	8,9	5,8	4,22	3,29	2,65	1,86	1,42	1,12	0,39	
0,66	8,6	5,6	4,08	3,18	2,56	1,79	1,36	1,07	0,37	
0,68	8,3	5,4	3,94	3,07	2,47	1,73	1,31	1,02	0,35	
0,70	8,1	5,21	3,80	2,96	2,39	1,68	1,26	0,98	0,33	
0,72	7,8	5,06	3,68	2,87	2,31	1,62	1,21	0,94	0,312	
0,74	7,6	4,92	3,57	2,78	2,24	1,57	1,17	0,91	0,297	
0,76	7,4	4,78	3,47	2,69	2,17	1,52	1,13	0,88	0,282	
0,78	7,2	4,65	3,37	2,61	2,10	1,47	1,09	0,85	0,267	
0,80	7,01	4,52	3,28	2,53	2,03	1,42	1,05	0,82	0,253	

E	10′	15′	20′	25′	30′	40′	50′	60′	120′	(Min. Beobachtungszeit $t=\frac{10}{60}$ . . .)
0,82	6,83	4,40	3,20	2,46	1,97	1,38	1,02	0,79	0,240	
0,84	6,66	4,29	3,11	2,39	1,91	1,34	0,98	0,76	0,228	
0,86	6,49	4,18	3,02	2,32	1,86	1,30	0,95	0,74	0,217	
0,88	6,33	4,08	2,94	2,26	1,81	1,26	0,92	0,71	0,206	
0,90	6,18	3,97	2,86	2,20	1,76	1,22	0,89	0,68	0,197	
0,92	6,04	3,87	2,79	2,14	1,71	1,18	0,87	0,66	0,188	
0,94	5,91	3,78	2,72	2,08	1,66	1,14	0,84	0,64	0,180	
0,96	5,78	3,69	2,65	2,03	1,62	1,11	0,82	0,62	0,172	
0,98	5,65	3,61	2,59	1,98	1,58	1,08	0,79	0,60	0,164	
1,00	5,52	3,53	2,53	1,93	1,54	1,05	0,77	0,58	0,156	

Tafel der Werte von 1 : (e^{Et}—1)

II. Abteilung.

Tab. XXIV b.

1,0	5,52	3,53	2,53	1,93	1,54	1,05	0,769	0,582	0,156
1,1	4,97	3,15	2,26	1,71	1,36	0,924	0,666	0,499	0,125
1,2	4,52	2,86	2,03	1,54	1,22	0,816	0,582	0,431	0,100
1,3	4,13	2,60	1,84	1,39	1,09	0,726	0,512	0,375	0,080
1,4	3,80	2,39	1,68	1,26	0,98	0,648	0,452	0,327	0,065
1,5	3,53	2,20	1,54	1,15	0,90	0,582	0,402	0,287	0,052
1,6	3,28	2,03	1,42	1,05	0,816	0,525	0,358	0,253	0,042
1,7	3,05	1,89	1,31	0,97	0,746	0,475	0,320	0,223	0,034
1,8	2,86	1,76	1,22	0,90	0,684	0,431	0,287	0,197	0,028
1,9	2,69	1,64	1,13	0,83	0,631	0,392	0,258	0,175	0,023
2,0	2,53	1,54	1,05	0,77	0,582	0,358	0,233	0,156	0,018
2,1	2,39	1,45	0,98	0,714	0,538	0,327	0,210	0,139	0,015
2,2	2,26	1,36	0,92	0,666	0,499	0,300	0,190	0,125	0,012
2,3	2,14	1,29	0,86	0,622	0,463	0,275	0,172	0,111	0,010
2,4	2,03	1,22	0,82	0,582	0,431	0,253	0,156	0,100	0,008
2,5	1,93	1,15	0,77	0,545	0,402	0,233	0,142	0,089	0,007
2,6	1,84	1,09	0,725	0,512	0,375	0,214	0,129	0,080	0,006
2,7	1,76	1,04	0,684	0,481	0,350	0,197	0,117	0,072	0,005
2,8	1,68	0,99	0,648	0,452	0,327	0,183	0,107	0,065	0,004
2,9	1,61	0,94	0,614	0,426	0,306	0,169	0,098	0,058	0,003
3,0	1,54	0,90	0,582	0,402	0,287	0,156	0,090	0,052	0,0025

II. Künstliche Ventilation.

Künstliche Ventilation

Zur Bestimmung des durch künstliche Ventilation hervorgebrachten Luftwechsels macht man Messungen der Luftgeschwindigkeit an den ausgemessenen Luftzufuhr- oder Luftabfuhröffnungen.

Zur Bestimmung der Luftgeschwindigkeit dienen entweder Anemometer oder Manometer.

Die Flügelrad-Anemometer werden ihrer Konstruktion nach unterschieden in

Dynamische Anemometer

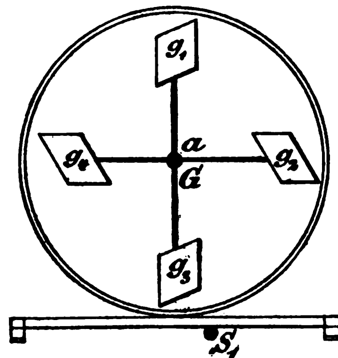
a) dynamische Anemometer, bei welchen der Wind ein leichtes Flügelrad mit Zählwerk in Bewegung setzt; aus der Zahl der Umdrehungen kann die Weglänge berechnet werden.

Statische Anemometer

b) statische Anemometer, bei welchen die Stärke des Windes durch den Druck gemessen wird, den er auf eine Feder ausübt. Aus der Grösse des Ausschlags wird dann die Geschwindigkeit berechnet.

Die gebräuchlicheren Anemometer sind die dynamischen, insbesondere die von Combes und Recknagel.

Fig. 90.



Rückansicht.

Bei diesen Instrumenten setzt der Luftstrom ein Flügelrad *G* (Fig. 90) in Bewegung, welches aus vier an einem Kreuz befestigten Glimmerplättchen ($g_1 g_2 g_3 g_4$) besteht. Diese Plättchen befinden sich gegenüber dem Kreuz in einer schwachen Schiefstellung und sind durch einen festen Metallstreifen *k* vor Verletzung geschützt.

Die Bewegung des Flügelrades wird durch eine Axe mit einer Schraube ohne Ende *aa* auf ein Zählwerk (*I II*) übertragen.

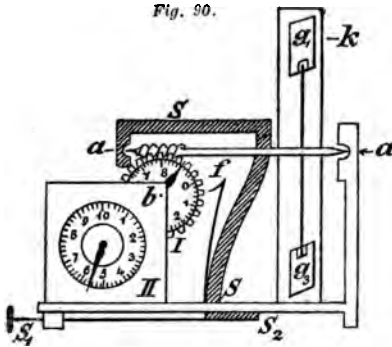


Fig. 90.

Seitenansicht.

Um jedoch den Luftstrom nur eine gewisse Zeit lang auf das Flügelrad wirken zu lassen, besitzen die Anemometer Ausschaltvorrichtungen.

Bei dem Anemometer von Combes (Fig. 90) besteht dieselbe aus einem Hebel *S S*, welcher durch die Schieberstange S_1 S_2 bewegt wird. Zieht man nemlich S_1 S_2 vor, so wird die Axe *a a* von dem Zahnrad *I* abgehoben, es wird also die Bewegung des Flügelrades nicht mehr auf das Zählwerk übertragen.

Gleichzeitig wird beim Vorziehen von S_1 S_2 die Bewegung des Zahnrades *I* durch die Feder *f* gehemmt.

Schiebt man dagegen S_1 S_2 zurück, so greift die Axe *aa* wieder mit ihrer Schraube in das Zahnrad *I* ein, die Feder *f* springt zurück und die Umdrehungen des Flügelrades werden wieder gezählt.

Bei dem Anemometer von Recknagel wird die Bewegung des Flügelrades selbst durch eine Schiebesteuerung gehemmt und damit auch das Zählwerk.

Die neueren Instrumente Recknagels besitzen gleichzeitig eine Sekundenuhr, welche durch die Schiebesteuerung gleichzeitig mit dem Flügelrad in Bewegung gesetzt und ausgeschaltet werden kann.

Das Zählwerk besteht gewöhnlich aus einem Zahnrad (Fig. 90 *I*), welches die Ablesung der Einer und Zehner (*I* hat 100 Zähne) gestattet, und einem Zifferblatt *II* für die Hunderter und Tausender. *II* ist auf einer Metall-

scheibe *b* befestigt, hinter der die Zahnrad-Übersetzung 1 : 10 von *I* zum Zeiger von *II* sich befindet.

Steht z. B. der Zeiger für das Rad *I* (in Fig. 90 ein feststehender Stift) zwischen 9 und 10 beim zweiten Zahn, der Zeiger für das Rad *II* aber zwischen 5 und 6 beim siebenten Zahn, so hat man abzulesen:

Rad *II*	. . .	5700
Rad *I*	. . .	92
	i. S.	5792 = Stand des Anemometers.

Man misst somit mittelst des Anemometers die Zahl der Umdrehungen des Flügelrades. Diese Grösse muss nun in Meter umgesetzt werden, d. h. man hat zu ermitteln, wie viel Meter Weg des Windes eine gewisse gezählte Anzahl Umdrehungen des Flügelrades entspricht.

Hiebei ist zu bedenken, dass der vom Flügelrad zurückgelegte Weg, d. i. Umfang des Kreises × Zahl der Umdrehungen nicht gleich ist dem vom Wind zurückgelegten Weg, weil

a) das Instrument überhaupt erst durch einen Luftstrom von gewisser Geschwindigkeit in Bewegung gesetzt wird, oder was dasselbe ist, weil der Wind erst das Trägheitsmoment überwinden muss,
b) weil jeder einzelnen Umdrehung ein Reibungswiderstand entgegengesetzt wird.

Bei der Ingangsetzung des Instrumentes wird sonach erst das Trägheitsmoment überwunden, — diese vom Instrumente nicht gezählte Windgeschwindigkeit muss somit vor allem zu der gemessenen addiert werden.

Ferner wird bei jeder Umdrehung infolge des Reibungswiderstandes eine etwas kleinere Geschwindigkeit angezeigt, als der Wind wirklich hat, die Zahl der Umdrehungen muss daher mit einer Zahl, dem Reibungskoëffizienten, multipliziert werden, welche diese Differenz ausgleicht.

Die Ermittlung des Trägheitsmomentes (a) und des Reibungskoëffizienten (b) erfolgt auf experimentellem Weg

durch das Eichen der Anemometer, indem man die geringste Luftgeschwindigkeit ermittelt, welche das Anemometer in Bewegung setzt (Trägheitsmoment) und dann das Anemometer einen Weg von genau bekannter Länge durchlaufen lässt und damit die Angabe des Anemometers berichtigt.

Zu beiden Messungen dient der Voitsche Eichapparat.

Die auf diese Weise ermittelten Korrekturen werden dem Anemometer als Formel beigegeben, sie erfordern jedoch von Zeit zu Zeit eine Nachprüfung.

Bezeichnet man

das Trägheitsmoment mit a,

den Reibungskoëffizienten mit b und die

Zahl der Umdrehungen in einer Sekunde mit n,

so ist die vom Luftstrom in einer Sekunde zurückgelegte, Weglänge

$$v = a + b \times n \text{ Meter pro Sekunde.}$$

Die Bestimmung der Geschwindigkeit der Luft wird folgendermassen ausgeführt:

Man liest den Stand des Anemometers ab, z. B. 2382, arretiert das Flügelrad und bringt es an Ort und Stelle. Nun beobachtet man die Uhr, schaltet ein und lässt genau 1 Minute = 60 Sekunden laufen, schaltet aus und liest wieder ab, z. B. 6200.

Das Flügelrad hat also in 60 Sek. 6200 — 2382 = 3818 Umdrehungen gemacht,

also in einer Sekunde 3818 : 60 = 63,5 Umdrehungen.

Diese Zahl setzt man für n in die Formel des Instrumentes ein und erhält dann die Weglänge, d. h. die Geschwindigkeit der Luft in einer Sekunde.

Zum Beispiel:

Formel des Instrumentes $v = 0{,}144 + 0{,}07 \times n$, für n wie eben ermittelt 63,5 eingesetzt, giebt

$$\begin{aligned} v &= 0{,}144 + 0{,}07 \times 63{,}5 \\ &= 0{,}144 + 4{,}445 \\ &= 4{,}589 \text{ m pro Sekunde;} \end{aligned}$$

die Luft hat eine Geschwindigkeit von 4,589 m in der Sekunde.

Eichung der Anemometer.

Eichung der Anemometer

Der Voitsche Eichapparat besteht aus einer um ihre Achse drehbaren Vertikaleisenstange, welche in ca. 2 m Höhe eine horizontale Eisenstange von 3 m Gesamtlänge, in der Mitte unverrückbar befestigt, trägt.

Die Vertikalstange ist mittelst Kronradübersetzung zu rotieren, diese Rotation wird von der Horizontalstange mitgemacht, so dass also die Endpunkte derselben einen Kreis beschreiben, dessen Durchmesser = 3 m, dessen Radius r = 1,5 m und dessen Umfang also

$$2\,r \times \pi = 2 \times 1{,}5 \times 3{,}14 = 9{,}42 \text{ m ist.}$$

Die Zahl der Umdrehungen, oder der zurückgelegten Kreise wird gezählt durch ein Zählwerk, das mittelst Friktionsscheibe und Handhebel an die Vertikalstange gedrückt wird und jeden Augenblick in und ausser Thätigkeit gesetzt werden kann.

Das zu prüfende Anemometer wird auf einem Endpunkt der Horizontalstange unverrückbar befestigt, sein Stand abgelesen und seine Zählwerkauslösung durch Schnüre mit der Auslösung des Zählwerkes der Eisenachse verbunden, so dass also beide Zählwerke gleichzeitig ein- und ausgelöst werden können.

Der Beobachter liest den Stand der beiden ausgerückten Zählwerke ab, hält den Auslösehebel und die Auslöseschnur in der Hand und beobachtet eine Sekundenuhr — lässt nun den Apparat durch eine Hilfsperson in Rotation setzen, rückt unter Beobachtung der Uhr beide Zählwerke ein und setzt beide Zählwerke nach einer bestimmten Zeit (z. B. 120 Sekunden) wieder ausser Thätigkeit.

Man kennt nun

1. die Zahl der Umdrehungen der Eisenstange, d. i. die Zahl der zurückgelegten Kreise — abgelesen am Zählwerk der Maschine. Da nun 1 Kreis = 9,42 m,

so ist durch Multiplikation der Umfanglänge mit der Anzahl der Kreise auch der gesamte Weg v bekannt, den das Anemometer zurücklegte in der Zeit des Drehens (also z. B. in 120 Sekunden).

2. Die Zahl der Umdrehungen des Anemometerflügels, abgelesen am Zählwerk des Anemometers. (n)

Die Umdrehungen des Anemometerflügels (n) sind nun bedingt durch Trägheitsmoment a, Reibungswiderstand b und Windgeschwindigkeit v, d. h. in der Gleichung

$v = a + b \times n$ kennt man die Werte v und n, während a und b unbekannt sind.

Gleichungen mit 2 Unbekannten werden gelöst dadurch, dass man eine zweite Gleichung mit denselben Unbekannten erstellt und durch Subtraktion beider Gleichungen von einander eine Unbekannte eliminiert.

Die zweite Unbekannte wird aus den subtrahierten Gleichungen ermittelt, ihr Wert in eine Gleichung eingesetzt und dadurch auch die erste Unbekannte gefunden.

Diese zweite Gleichung ergibt sich nun leicht durch einen Versuch, wobei man durch schnelleres Drehen für v und n andere, höhere Werte ermittelt.

Beispiel einer Anemometereichung:

I. Versuch.

β)	Stand des Anemometers nach 120 Sekunden	3932
α)	„ „ „ vor dem Versuch	3718
	Zahl der Umdrehungen in 120 Sekunden	214.
α)	Stand des Eichapparates nach 120 Sekunden	13,00
γ)	„ „ „ vor dem Versuch	7,16
	Zahl der Umdrehungen in 120 Sekunden	5,84.

In 120 Sekunden entsprechen somit

214 Anemometerumdrehungen 5,84 zurückgelegten Kreisen

oder $5{,}84 \times 9{,}42$ m

$= 55{,}01$ m

In einer Sekunde entsprechen
1,783 Anemometerumdrehungen 0,4584 m Weg,
d. h. $v = 0,4584$ m
$n = 1,783$ Umdrehungen,
daher I. $0,4584 = a + b \times 1,783$.

Da a und b unbekannt, kann die Gleichung nur gelöst werden durch Erstellung einer zweiten Gleichung mit anderen Werten für v und n; es wurde daher ein zweiter Versuch mit grösserer Geschwindigkeit durchgeführt:

II. Versuch:

β)	Stand des Anemometers nach 120 Sekunden	4860
α)	„ „ „ vor dem Versuch	3932
	Zahl der Umdrehungen in 120 Sekunden	928.
ϑ)	Stand des Eichapparates nach 120 Sekunden	29,96
γ)	„ „ „ vor dem Versuche	13,00
	Zahl der Umdrehungen in 120 Sekunden	16.96

In 120 Sekunden entsprechen somit
928 Anemometerumdrehungen 16,96 zurückgelegten Kreisen
oder $16,96 \times 9,42 =$
$= 159,76$ m Weg.

In 1 Sekunde entsprechen
7,733 Anemometerumdrehungen = 1,331 m, daher
$v = 1,331$
$n = 7,733$ und
Gleichung II: $1,331 = a + b \times 7,733$.

Da Gleichung II höhere Werte als Gleichung I besitzt, wird I von II subtrahiert, wodurch a wegfallen muss, also:

$$\begin{aligned} \text{II:} \quad & 1,331 = a + b \times 7,733 \\ \text{I:} \quad & -0,458 = -a - b \times 1,783 \\ \hline & 0,873 = b \times (7,733 - 1,783) \\ & \quad\;\; = b \times 5,950, \text{ also} \end{aligned}$$

$$b = \frac{0,873}{5,950}$$

somit $b = 0,1467$ m.

Setzt man den Wert für b in Gleichung I ein, so erhält man

$$\text{I. } 0{,}458 = a + 0{,}1467 \times 1{,}783 = a + 0{,}2616, \text{ woraus}$$
$$a = 0{,}458 - 0{,}262$$
$$= 0{,}196 \text{ m.}$$

Setzt man den Wert für b in Gleichung II ein, so erhält man

$$\text{II. } 1{,}331 = a + 0{,}1467 \times 7\,733, \text{ woraus}$$
$$a = 1{,}331 - 1{,}134$$
$$= 0{,}197 \text{ m.}$$

Da beide Zahlen übereinstimmen, liegt ein Rechenfehler nicht vor und die Werte für die Unbekannten sind also

für das Trägheitsmoment a 0,196 m
für den Reibungswiderstand b 0,147 „

und die Korrektionsformel für das Anemometer lautet

$$v = 0{,}196 + 0{,}147 \times n$$

Das Trägheitsmoment kann aber auch direkt am Apparat ermittelt werden. Man dreht so langsam, dass sich der Anemometerflügel gerade nicht, aber fast bewegt; sobald man die geringste Bewegung wahrnimmt, rotiert man langsamer. Aus den Umdrehungen der Eisenachse erfährt man den vom Anemometer zurückgelegten Weg oder den ihm entgegengekommenen Wind, der gerade nicht im Stande war, den Flügel zu bewegen,

Man wiederholt diese Versuche und nimmt das arithmetische Mittel aus denselben, z. B.

III. Versuch. Umdrehungen des Apparates in 120 Sekunden 2, also vom Anemometer zurückgelegter Weg $2 \times 9{,}42 = 18{,}84$ m oder

in einer Sekunde 0,16 m.

Der Flügel hatte hiebei keine Bewegung gemacht.

IV. Versuch. Umdrehungen des Apparates in 120 Sekunden 3, also vom Anemometer zurückgelegter Weg

$3 \times 9{,}42 = 28{,}26$ m oder
in 1 Sekunde 0,235 m

Der Anemometerflügel hatte 31 Umdrehungen gemacht.

Die Stärke des Windes, welche nötig ist, den Reibungswiderstand zu überwinden, liegt daher zwischen 0,16 und 0,235 m, deren Mittel 0,197 m ist, d. h.

$$a = 0{,}197 \text{ m},$$

während die Rechnung $a = 0{,}196$ m ergab.

Setzt man den direkt ermittelten Wert für a in die Gleichung I ein, so erhält man

$$\text{(I)} \qquad 0{,}458 = 0{,}197 - b \times 1{,}783 \text{ oder}$$

$$b \times 1{,}783 = 0{,}458 - 0{,}197$$

$$= 0{,}261$$

$$b = \frac{0{,}261}{1{,}783} = 0{,}146 \text{ m.}$$

Messung und Rechnung stimmen daher befriedigend überein.

Bestimmung der Ventilation.

Soll nun die Grösse der künstlichen Ventilation gemessen werden, so hat man

1. die Querschnitte der Luft zu- oder Luft abführenden Öffnungen auszumessen,
   (Formeln für verschiedene Querschnitte siehe Seite 131)
2. Die Geschwindigkeit des ventilierenden Luftstromes auf die angegebene Art mit einem Anemometer zu bestimmen. Hiebei sind die Messungen an verschiedenen Stellen des Querschnittes zu machen und ist deren Mittelwert in die Berechnung des Ventilationseffektes einzusetzen.

Zum Beispiel: Bestimmung des Ventilationseffektes eines Hygieaventilators mit Pulsionswirkung:

Die luftzuführende Öffnung ist kreisförmig, der Durchmesser des Kreises beträgt 48 cm, der Radius 24 cm, daher der Querschnitt

$$24 \times 24 \times 3{,}14 = 1808{,}64 \text{ qcm} = 0{,}180864 \text{ qm.}$$

Die Geschwindigkeit der einströmenden Luft wird nun in der auf Seite 373 beschriebenen Weise mittelst eines dynamischen Anemometers gemessen und zwar in

der Mitte und an vier diametral gegenüberliegenden Punkten der Kreisfläche.

Es ergeben sich folgende Ablesungen: In je einer Minute macht das Flügelrad

in der Mitte des Kreises . .	386	Umdrehungen
am unteren Rand des Kreises .	700	„
„ oberen „ „ „ .	200	„
„ rechten „ „ „ .	480	„
„ linken „ „ „ .	500	„

Die Geschwindigkeit der einströmenden Luft ist an verschiedenen Stellen der Öffnung eine verschieden grosse, sie verursacht im Mittel 2266 : 5 = 453,2 Umdrehungen des Flügelrades pro Minute, also 7,55 Umdrehungen pro Sekunde.

Diese Zahl für n in die Formel des Instrumentes ($v = 0{,}144 + 0{,}07 \times n$) eingesetzt, giebt

$$v = 0{,}144 + 0{,}07 \times 7{,}55$$
$$= 0{,}6725$$

d. h. die einströmende Luft hat eine Geschwindigkeit von 0,6725 m in der Sekunde.

Die Menge der in der Sekunde einströmenden Luft in cbm erhält man dann, wenn man den Flächeninhalt des Querschnittes in qm (0,1808 qm) multipliziert mit der Geschwindigkeit der Luft in Metern pro Sekunde, also

0,180864 qm × 0,6725 m
= 0,121641 cbm.

Der Ventilator liefert also in einer Sekunde

0,121641 cbm

oder in einer Stunde 437,907 cbm Luft.

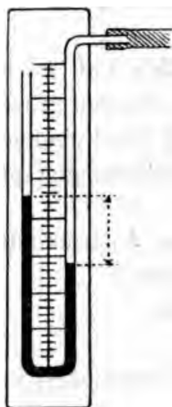
Manometer.

Zur Messung der Luftbewegung können auch Manometer verwendet werden. Dieselben bestehen in ihrer einfachsten Gestalt aus einem U-förmig gebogenen, überall genau gleich weiten, beiderseits offenen Glasrohr, das zur Hälfte mit Sperrflüssigkeit, Wasser, Petroleum, Queck- **Manometer**

silber gefüllt wird. Das U-Rohr ist auf einer Millimeterskala befestigt. (Fig. 91.)

Nach dem Gesetz der kommunizierenden Röhren steht die Flüssigkeit in beiden Schenkeln des U-Rohres gleich hoch, wenn der Druck der Luft auf die Öffnungen beider Schenkel gleich ist.

Fig. 91.



Übt aber die Luft nur auf eine Schenkelöffnung oder einen daran angesetzten Schlauch eine Saug- oder Druckwirkung, so wird das Gleichgewicht gestört, die Flüssigkeit stellt sich in dem einen Schenkel, der mit der wirksamen Luft in Verbindung steht, bei Saugwirkung höher, bei Druckwirkung tiefer als in dem andern Schenkel und die Differenz des Standes der Flüssigkeit in beiden Schenkeln in mm Höhe Sperrflüssigkeit ausgedrückt, ist zunächst ein Mass für die saugende oder pressende Kraft der Luft, aus welcher dann auf die Stärke der Luftbewegung geschlossen werden kann. Hiebei entsteht eine bleibende Einstellung, wenn der Zustand der wirksamen Luft gleich bleibt, während Schwankungen eintreten, wenn jener Zustand wechselt.

Die Empfindlichkeit der Manometer kann erheblich gesteigert werden, wenn man dem einen Schenkel eine von der Vertikalen abweichende Lage giebt.

Differentialmanometer von Recknagel

Das beste Instrument dieser Art ist das Differentialmanometer von Recknagel*). (Fig. 92.)

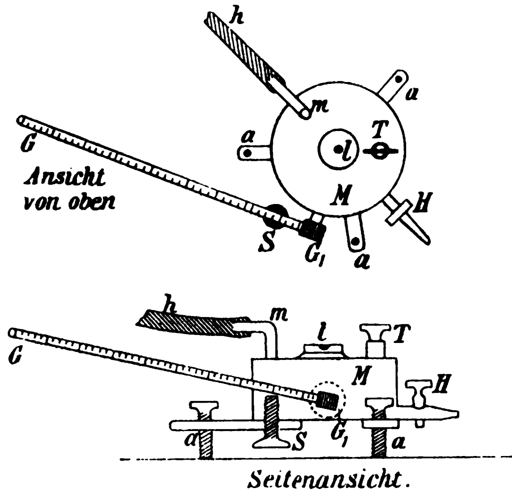
Dasselbe besteht aus einem Metallcylinder *M* mit 100 mm lichtem Durchmesser, der mittelst Stellschrauben *a a a* genau horizontal gestellt werden kann, was durch

---

*) Bezugsquelle: C. Stollnreuther & Sohn in München. Preis 70 ℳ.

das Einspielen einer auf dem Metallcylinder befindlichen Libelle *l* genau ersichtlich ist.

Fig. 92.



Seitenansicht.

Der Metallcylinder *M* besitzt ausserdem einen Tubus *T* zum Einfüllen und einen Hahn *H* zum Ablassen der Flüssigkeit, hier Petroleum.

Der Metallcylinder *M* ist nun der eine Schenkel des Manometers; er steht durch eine bewegliche Metallhülse G_1 mit dem zweiten Schenkel in Verbindung, der durch eine 2—3 mm weite, in mm geteilte, vorn offene Glasröhre *G* von 250 mm Länge gebildet wird. Dieser Glasröhre kann man mittelst einer Schraube *S* verschiedene Neigung gegen die Horizontale geben, wodurch man imstande ist, das Instrument verschieden empfindlich einzustellen.

Durch einen Tubus *m* und einen dichten, reinen Gummischlauch *h* steht der Metallcylinder *M* in Verbindung mit der Luft.

Eichung des Instruments.

Man füllt den Metallcylinder *M* mit Petroleum von bekanntem spezifischem Gewicht, so dass das Petroleum

oben im Glasrohr G sichtbar wird. Das Glasrohr G ist mittelst der Schraube S in eine bestimmte, und nun fest beizubehaltende Schieflage gebracht.

Man wägt nun ein mit Petroleum gefülltes Kölbchen nebst Trichter, giesst eine beliebige Menge durch den Tubus T in den Metallcylinder und wägt das Kölbchen mit Trichter und dem Rest des Petroleums zurück.

Man liest dann den neuen Stand des Petroleums in der Glasröhre G ab.

Ist p = Gramm eingegossenes Petroleum,
n = Millimeter Steigung des Petroleums in G,
q = Quadratcentimeter Querschnitt von M
(78,5 qcm), so ist
je 1 mm Steigung des Petroleums in G

$$= 1 \times \frac{10 \times p}{n \times q} \text{ mm Wasser vertikal.}$$

Werden nicht die Eichung und alle späteren Messungen bei derselben Temperatur vorgenommen, so ist eine Korrektur für die durch die Temperaturänderung hervorgerufene Änderung des spezifischen Gewichtes des Petroleums auszuführen.

Je 1° Temperaturänderung ändert das spezifische Gewicht des Petroleums um 0,0007 und zwar bewirkt Temperaturerhöhung eine Verminderung, Temperaturverminderung eine Erhöhung des spezifischen Gewichtes.

Man korrigiert in der Weise, dass man die früher gefundene Korrektionszahl multipliziert mit dem Quotienten

$$\frac{\text{Spez. Gewicht berechnet für die Messung}}{\text{Spez. Gewicht gefunden bei der Eichung.}}$$

Beispiel einer Eichung und Temperaturkorrektur:
Spez. Gewicht des Petroleums 15° C 0,807
Stand des Petroleums im Glasrohr G 2,1 mm.

Es wurde nun gewogen:

Kölbchen + Trichter + Petroleum vor d. Eingiessen	16,4 g
„ + „ + „ nach „ „	—14,8 g
Eingegossenes Petroleum	1,6 g.

Stand in *G* nach dem Eingiessen des Petrol.		8,7 mm
" " " vor " " " "		2,1 mm
	Steigung in mm	6,6 mm.

Welcher vertikalen Wassersäule in mm entspricht nun diese Steigung des Petroleums in *G* um 6,6 mm?

Je 1 mm Steigung entspricht, da $p =$ 1,6 g
$n =$ 6,6 mm
$q =$ 78,5 qcm

$$\frac{10 \times 1,6}{6,6 \times 78,5} \text{ mm vertik. Wassersäule} = 0,0308 \text{ mm.}$$

Die Temperatur während der Eichung sei 15° C gewesen.

Ist nun bei einer späteren Messung die Temperatur 10°, so ist das spezifische Gewicht des Petroleums nicht mehr 0,8070, sondern höher.

Für je 1° weniger Wärme beträgt die Erhöhung 0,0007, folglich für 5° weniger Wärme

$$5 \times 0,0007 = 0,0035.$$

Das spez. Gewicht des Petroleums ist somit 0,8070
+ 0,0035
= 0,8105.

Die Reduktionszahl 0,0308 $\left(= \frac{10 \times 1,6}{6,6 \times 78,5}\right)$ ist dann zu multiplizieren mit

$$\frac{0,8105}{0,8070} = 1,0043, \text{ also}$$

$$0,0308 \times 1,0043 = 0,0309; \text{ d. h.}$$

bei 10° C ist 1 mm Steigung im Rohr *G* gleich 0,0309 mm bei vertikaler Wassersäule.

Behufs Ausführung einer Messung*) stellt man das Instrument möglichst erschütterungsfrei horizontal auf,

---

*) Neue Methode: nach gütigst zur Verfügung gestellter Mitteilung des Herrn Professors Recknagel.

liest den Stand in der Glasröhre *G* ab, führt einen dichten Gummischlauch *h* an den Ort, an dem man die Wirkung der Luft messen will und liest den neuen Stand des Petroleums in *G* ab. Liegt dieser Ort tiefer oder höher als der Standort des Instrumentes, so hat man einige Zeit zu warten, bis die Luft im Schlauch dieselbe Temperatur wie die umgebende Luft angenommen hat.

Aus der Differenz der Petroleumstände vor und nach dem Versuch und der Temperatur des Instrumentes berechnet man dann die Druckdifferenz der Luft, ausgedrückt in mm einer vertikalen Wassersäule, der sie das Gleichgewicht hält.

Zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Luft bedarf man einer kleinen Vorrichtung an der Ausmündung des Schlauches *h*. Ein rundes Metallplättchen von 4 mm Durchmesser und 1,5 mm Dicke erhält in der Mitte eine 1,2 mm tiefe Bohrung von 1 mm Durchmesser. Eine zweite eben so weite Bohrung läuft vom Rande zur Mitte und enthält ein Röhrchen luftdicht eingepasst, das mit dem Schlauch *h* in Verbindung steht.

Man bringt diese Vorrichtung in den Luftstrom an diejenige Stelle, an welcher man die Geschwindigkeit messen will, wendet zunächst die zentrale Bohrung der Stromrichtung gerade entgegen und notiert den beobachteten Überdruck mit dem Vorzeichen (+), etwa beobachteten Minderdruck mit dem Vorzeichen (—). Hierauf dreht man das Blättchen um, so dass die zentrale Bohrung gerade vom Strom abgewendet ist und notiert den beobachteten Minderdruck mit dem Vorzeichen (+), etwa beobachteten Überdruck mit dem Vorzeichen (—). Die beiden Beobachtungen werden nun ihrem Vorzeichen gemäss mit einander verbunden und die erhaltene (stets positive) Zahl auf vertikale mm Wasser umgerechnet. Gleichzeitig liest man Barometerstand und Temperatur des Luftstroms ab.

Die grösste Geschwindigkeit v in dem Querschnitte in dem das Plättchen steht, ist dann

$$v = 3{,}784 \sqrt{\frac{w}{s}}$$ Meter pro 1 Sekunde, worin

s das Gewicht von 1 cbm einströmender Luft in kg, w die beobachteten vertikalen mm Wasserdruck bezeichnet.

s ergiebt sich aus der beifolgenden Tabelle XXV nach Ablesung von Barometerstand und Temperatur.

Gewicht eines Kubikmeters

Barometer

Temperatur		mm 700	mm 705	mm 710	mm 715	mm 720	mm 725	mm 730	mm 735
	0° C	1191	1200	1208	1217	1225	1234	1242	1251
	2	1182	1191	1199	1208	1216	1225	1233	1242
	4	1174	1182	1190	1199	1207	1216	1224	1233
	6	1165	1174	1182	1191	1199	1207	1215	1224
	8	1157	1165	1173	1182	1190	1198	1206	1215
	10	1149	1157	1165	1174	1182	1190	1198	1206
	12	1141	1149	1157	1166	1174	1182	1189	1197
	14.	1133	1141	1149	1158	1166	1174	1181	1189
	16	1125	1133	1141	1150	1158	1166	1173	1181
	18	1117	1125	1133	1142	1150	1158	1165	1173
	20	1110	1118	1126	1134	1142	1150	1157	1165
	22	1102	1110	1118	1126	1134	1142	1149	1157
	24	1095	1103	1110	1118	1126	1134	1141	1149
	26	1087	1095	1103	1111	1118	1126	1134	1142
	28	1080	1088	1095	1103	1110	1118	1126	1134
	30	1073	1081	1088	1096	1103	1111	1119	1127

Tabelle XXV.

Luft in Grammen.

stand

mm 740	mm 745	mm 750	mm 755	mm 760	mm 765	mm 770	mm 775	mm 780	Differenzen für 1 Millimeter
1259	1268	1276	1285	1293	1302	1310	1319	1327	1,7
1250	1259	1267	1275	1283	1292	1300	1309	1317	1,7
1241	1250	1258	1266	1274	1283	1291	1300	1308	1,7
1232	1241	1249	1257	1265	1274	1282	1290	1298	1,7
1223	1232	1240	1248	1256	1265	1273	1281	1289	1,7
1214	1223	1231	1239	1247	1256	1264	1272	1280	1,6
1205	1214	1222	1230	1238	1247	1255	1263	1271	1,6
1197	1206	1214	1222	1230	1238	1246	1254	1262	1,6
1189	1197	1205	1213	1221	1229	1237	1245	1253	1,6
1181	1189	1197	1205	1213	1221	1228	1236	1244	1,6
1173	1181	1189	1197	1205	1213	1220	1228	1236	1,6
1165	1173	1181	1189	1197	1205	1212	1220	1227	1,6
1157	1165	1173	1181	1189	1197	1204	1212	1219	1,5
1149	1157	1165	1173	1181	1189	1196	1204	1211	1,5
1141	1149	1157	1165	1173	1181	1188	1196	1203	1,5
1134	1142	1149	1157	1165	1173	1180	1188	1195	1,5

Beispiel:[1] Barometerstand = 710 mm
Thermometer = 18° C
Ablesungen am Differentialmanometer = 8 mm.
a) zugewendet 0
b) abgewendet + 8 mm
Temperatur des Petroleums 16°.

Da nach Seite 383 1 mm Petroleumsteigung = 0,0308 mm vertikaler Wasserdruck, sind 8 mm Petroleumsteig. = 0,2464 mm Wasser vertikal.

Die Luftgeschwindigkeit v ist nun an der Stelle, an welcher das Plättchen steht

$$v = 3{,}874 \sqrt{\frac{0{,}2464}{1{,}133}} \text{ m in 1 Sekunde.}$$

(1 cbm Luft wägt bei 710 mm und 18° C nach der Tabelle XXV 1133 g = 1,133 kg.)

$$v = 3{,}874 \sqrt{0{,}2175}$$
$$= 3{,}874 \,.\, 0{,}4663$$
$$= 1{,}81 \text{ m in 1 Sekunde.}$$

Vereinfachte Eichung des Instrumentes durch Ablesung von Längenmaassen.[2]

Für praktische Zwecke ist die Eichung nach der zwar genauen, aber zeitraubenden Wägungsmethode bisweilen unbequem oder schwer ausführbar.

Recknagel hat aber hiefür einen besonderen und leicht anzubringenden Apparat angegeben, welcher eine hinreichend genaue und dabei sehr schnelle Eichung nur durch Ablesung zweier Längenmaasse gestattet.

Dieser Apparat wird samt dem Manometer auf ein eben gehobeltes gusseisernes Gestell gebracht, nachdem

---

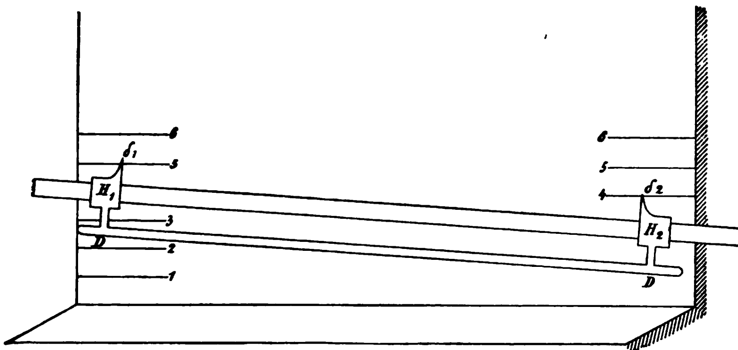
[1]) Das Beispiel entspricht dem Falle, in welchem ein Luftstrom, der sich aus ruhiger Luft in ein geheiztes Rohr entwickelt an der Stelle des Querschnittes gemessen wird, wo die Geschwindigkeit am grössten ist.

[2]) Cf. Schönwerth: Bestimmung der Luftgeschwindigkeit in Ventilationsröhren mittels des Manometers. Archiv f. Hygiene Bd. XI Seite 114 etc.

sowohl das Gestell als auch hierauf das Manometer durch ihre Stellschrauben in die Horizontalebene (unter Benützung einer Wasserwage) überführt worden sind. Er besteht der Hauptsache nach aus zwei senkrecht zu einander gestellten Messingplatten; die eine dient als Fussplatte und ruht auf dem gusseisernen Gestell; die zweite, vertikal stehende ist 22 cm lang und 13 cm hoch und stellt die Messplatte dar. Die Messplatte ist von unten nach oben an beiden vertikalen Kanten genau in Centimeter und Millimeter getheilt, so dass gleichen Höhen über der Fussplatte auch gleiche Nummern entsprechen. Die Teilstriche selbst haben eine Länge von 4 cm.

Auf der dem Manometer zugewandten Kante braucht die Teilung nur von Teilstrich 3 cm bis 6 cm ausgeführt zu sein.

Fig. 98.



Zur Eichung ist nun noch ein Ableseapparat $\delta_1 \delta_2 H_1 H_2$ DD erforderlich, welcher auf die Messröhre aufgeschoben wird. Zwei Hülsen H_1 und H_2 von $^1/_2$ mm dickem Messingblech sind durch einen Draht DD fest mit einander verbunden; dieselben können geschlitzt sein, um die Ablesung nicht zu stören. Beide Hülsen setzen sich nach oben in zwei Spitzen $\delta_1 \delta_2$ fort und sind bestimmt als Zeiger auf der Millimeterteilung zu dienen. Die einander zugewandten Ränder der Hülsen, sowie die Spitzen, sollen genau 200 mm von einander entfernt sein.

Um zu eichen, wird die Messingplatte hinter die Messröhre und parallel mit dieser gestellt, hierauf der Draht mit der Hand gefasst und solange nach aufwärts gedreht, bis die Spitzen an der Teilung anstehen. Die Spitzen S_1 und S_2 müssen genau gleich lang sein.

Weisen nun die Spitzen z. B. auf die Teilstriche 43,4 mm und 39,2 mm, so ist die Differenz 4,2 mm. Das ist die Steigung auf 200 mm d. h. die Entfernung beider Spitzen. Für 100 mm beträgt sie die Hälfte, also 2,1 mm. Die Steigung ist also hier 2,1 %. Mithin wäre die Reduktionszahl bei Wasser, dessen spez. Gewicht = 1 ist

$$\frac{2{,}1 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} = 0{,}0210$$

Hat die Füllflüssigkeit das spezifische Gewicht s, so ist noch mit dieser Zahl zu multiplizieren, also ist dann der Reduktionsfactor

$$0{,}0210 \;.\; s.$$

Bei Petroleum vom spezifischen Gewicht (s) = 0,8167 ergiebt sich also bei 2,1 % Steigung als Eichungsconstante

$$0{,}021 \;.\; 0{,}8167$$
$$\text{oder } 0{,}01715.$$

Die Ablesung ist in kürzester Zeit ausgeführt und daraus folgt dann die Eichungskonstante mit hinreichender Genauigkeit, wenn Stativ und Manometer gehörig ins Niveau gestellt wurden.

Unter Anwendung des Statives und der Messplatte für die Eichung kann das Recknagelsche Manometer zur Bestimmung von Ventilationsgeschwindigkeiten etc. leicht benützt werden.

Recknagel hat auch ein Metallplättchen mit 2 Röhrchen konstruirt, von denen das eine mit einer vorderen, das andere mit einer hinteren zentralen Bohrung des Plättchens communiciert, so dass nunmehr bei Messung von Luftströmungen nur eine Ablesung am Manometer (statt wie früher zwei) erforderlich ist.

Beleuchtung.

Photometrie.

Zur Messung der Lichtstärke einer Lichtquelle vergleicht man das zu untersuchende Licht mit einer sogen. Normalflamme und berechnet die Lichtstärke nach dem Satze: Photometrie

Die Lichtstärke nimmt im Verhältnisse des Quadrates der Entfernung von der Lichtquelle ab.

Es wird somit die Lichtstärke einer Flamme, die in der Entfernung 2 m noch 16 Einheiten beträgt, in der Entfernung 4 m nur noch 4 Einheiten und in der Entfernung 8 m nur mehr 1 Einheit betragen.

Man braucht:

1. Eine Normalflamme, welche eine völlig konstante Lichtstärke besitzen muss. Bisher sind verschiedene Normalflammen vorgeschlagen worden, es ist jedoch noch keine allgemein in Gebrauch gekommen. Normalflamme

Die Deutsche Normalflamme wird geliefert von einer Paraffinkerze (Schmelzpunkt 55 °C) und soll bei 50 mm Flammenhöhe in einer Stunde 7 g Paraffin verbrennen.

Die Englische Normalkerze besteht aus Walrat und soll bei 45 mm Flammenhöhe pro Stunde 7,78 g Walrat verbrauchen.

Die Münchener Normalkerze ist eine Stearinkerze, sie soll bei 50 mm Flammenhöhe 10,2—12 g Stearin pro Stunde verbrauchen.

Die Hefner-Altenecksche Normalflamme wird geliefert von einer Amylacetatlampe, die in der Stunde bei 50 mm Flammenhöhe 9,6 g Amylacetat verbrennen soll.

Als überall und leicht anwendbar empfiehlt sich eine Stearinkerze von genanntem Konsum und 50 mm Flammenhöhe.

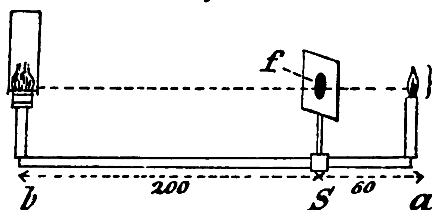
2. Einen Apparat zur Vergleichung der Lichtstärken, einen sogen. Photometer, welche in verschiedener Konstruktion angegeben sind. Photometer

Meist wird für künstliche Beleuchtung das Photometer von Bunsen, und für diffuses Tageslicht das Photometer von Weber gebraucht.

Photometer von Bunsen.

Zwischen den beiden Flammen, deren Lichtstärke verglichen werden soll, wird ein verschiebbarer Lichtschirm S aufgestellt, der aus Papier besteht, das in der Mitte einen Fettfleck oder Fettstreifen f besitzt.

Fig. 94.



Wird dieser Papierschirm nur von einer Seite belichtet, so reflektiert das Papier das Licht, der fettige Teil jedoch lässt mehr davon durch, es wird dadurch der fettige Teil deutlich sichtbar. Von der belichteten Seite gesehen, erscheint der Fettfleck dunkler, von der entgegengesetzten Seite heller als das Papier.

Erfolgt aber die Belichtung von beiden Seiten in gleicher Stärke, so heben sich die durch den Fettfleck gehenden Strahlen gegenseitig auf, der Fettfleck verschwindet und der ganze Schirm erscheint gleichmässig.

So lange die Belichtung von einer Seite schwächer als von der anderen ist, wird der Fettfleck heller oder dunkler sichtbar sein und erst verschwinden, wenn man den Schirm mit dem Fettfleck an die Stelle gerückt hat, wo gleiche Lichtstärke von beiden Seiten her darauf fällt.

Zur genaueren Einstellung dieses Punktes sind häufig hinter dem Schirm in einem stumpfen Winkel zwei Spiegel befestigt, wodurch jede Verschiedenheit des Papiers und des Fettflecks deutlich bemerkbar wird.

Man verstellt also den Schirm so lange, bis der Fettfleck verschwunden ist und misst dann die Entfernungen der Lichtquellen vom Schirm.

Man thut gut, die Entfernung beider Lichtquellen von einander nicht geringer als 2 m zu wählen und Reflexe von gegenüber stehenden Wänden möglichst zu vermeiden.

Am besten stellt man die Messungen in einem völlig verdunkelten Zimmer an.

Beispiel: Es soll die Lichtstärke einer Gasflamme festgestellt werden gegenüber einer Münchener Normalkerze.

Nach genauer Einstellung betrug die Entfernung der Gasflamme vom Schirm 200 cm, der Normalflamme vom Schirm 60 cm.

Es verhalten sich die Lichtstärken beider Flammen wie die Quadrate der Entfernungen beider Flammen vom Schirm, also

$$\underset{\text{Normalflamme : Gasflamme}}{1 : x} = 60^2 : 200^2, \text{ woraus}$$

$$x = \frac{40000 \times 1}{3600} = 11.1$$

d. h. die Gasflamme leuchtet 11.1 mal stärker als die Normalflamme.

Die Bestimmung der Helligkeit eines Zimmers u. s. w., also des zerstreuten Tageslichtes, erfolgt mittelst des Photometers von Weber (mit genauer Beschreibung von Schmidt & Haensch in Berlin zu beziehen) oder mittelst des von H. W. Vogel modifizierten Bunsenschen Photometers. Das Papier mit dem Fettfleck wird nämlich in eine geschwärzte Röhre eingeschlossen und durch ein seitliches Rohr betrachtet. Der Vergleich erfolgt durch Verschiebung einer Petroleumlampe von bekannter Helligkeit, deren gelbes Licht durch einen bläulichen Glascylinder aufgehoben ist. Zerstreutes Tageslicht

Kosten der Beleuchtung.

Um die Kosten einer Beleuchtungsart zu berechnen, bedarf man Kosten der Beleuchtung

1. den Preis des Beleuchtungsmaterials,
2. die Lichtstärke,
3. den Konsum in einer bestimmten Zeit.

Zum Beispiel:

a) 1 Wachskerze von 50 g Gewicht kostet 20 ₰. Dieselbe giebt bei 50 mm Flammenhöhe 1 Lichtstärkeeinheit und verbraucht dabei, was durch Wägen der Kerze vor dem Brennen und nach 1stündigem Brennen ermittelt wurde, 10 g.

Man hat daher den Ansatz:

1 Lichtstärke erfordert pro 1 Stunde 10 g Wachs, da nun 50 g 20 ₰ kosten, so kosten nach dem Ansatz

$$50 : 10 = 20 : x$$

die verbrannten 10 g Wachs 4 ₰; mithin kostet die einstündige Lichtstärke 4 ₰.

b) 1 Liter Petroleum kostet 24 ₰.

Eine Lampe damit gefüllt wägt . . . . . 820 g
nach einstündigem Brennen . . . . 775 g

somit Petroleumverbrauch in 1 Stunde 45 g

Die Lichtstärke wurde hiebei zu 8 Einheiten gefunden.

Um die Kosten dieser Beleuchtung zu berechnen, hat man auch das spezifische Gewicht des Petroleums zu bestimmen, z. B. zu 0,810 g bei 15° C.

Es wägen also 1000 ccm Petroleum bei 15° C 810 g und kosten 24 ₰.

Der Petroleumverbrauch in 1 Stunde ist bei 8 Einheiten Helligkeit 45 g, also bei 1 Einheit 5,625 g.

Da nun 810 g Petroleum 24 ₰ kosten, so kosten

$$5{,}625\ \text{g}\ \frac{5{,}625 \times 24}{810} = 0{,}16\ ₰.$$

Die einstündige Lichtstärke kostet somit 0,16 ₰.

c) Der Konsum einer Leuchtgasflamme, welche eine Helligkeit von 12 Normalflammen entwickelte, wurde durch eine eingeschaltete Gasuhr zu 108,3 Liter pro Stunde ermittelt.

1 Lichteinheit erfordert daher $\frac{108{,}3}{12} = 9{,}03$ Liter Gas.

Kostet nun 1 cbm (= 1000 Liter) Gas 25 ₰, so kosten 9,03 Liter $\frac{9,03 \times 25}{1000} = 0,22$ ₰.*)

Es kostet somit die einstündige Lichteinheit bei

Verwendung der Wachskerze . . . . 4.00 ₰,
von Petroleum . . . . 0,16 ₰,
von Leuchtgas . . . . 0,22 ₰.

Gefahren von Beleuchtungsmaterialien.

Von den Beleuchtungsmaterialien werden Petroleum und Gas am häufigsten angewendet und ist die Überwachung dieser Fabrikate nötig, da durch den Gebrauch derselben häufig Unglücksfälle vorkommen.

Petroleum

1. Petroleum kann gefährlich werden, wenn es bei niederer Temperatur schon entflammbare Dämpfe entwickelt, weil durch die eintretende Erhitzung des Ölbehälters beim Brennen der Lampen diese Temperatur leicht erreicht werden kann, was dann zu Explosionen führt.

Um derartigen Vorkommnissen vorzubeugen, bestimmt § 1 der kaiserl. Verordnung vom 24. Februar 1882:

Das gewerbsmässige Verkaufen und Feilhalten von Petroleum, welches unter einem Barometerstand von 760 mm schon bei einer Erwärmung auf weniger als 21° des hundertteiligen Thermometers entflammbare Dämpfe entweichen lässt, ist nur in solchen Gefässen gestattet, welche an in die Augen fallender Stelle auf rotem Grunde in deutlichen Buchstaben die nicht verwischbare Aufschrift „feuergefährlich" tragen.

Wird derartiges Petroleum gewerbsmässig in geringeren Mengen verkauft, so muss die Inschrift in gleicher Weise noch die Worte „Nur mit besonderen Vorsichtsmassregeln zu Brennzwecken verwendbar" enthalten.

Petroleumprober

Nach § 2 ist zur Untersuchung des Petroleums auf seine Entflammbarkeit der Abelsche Petroleumprober zu verwenden.

---

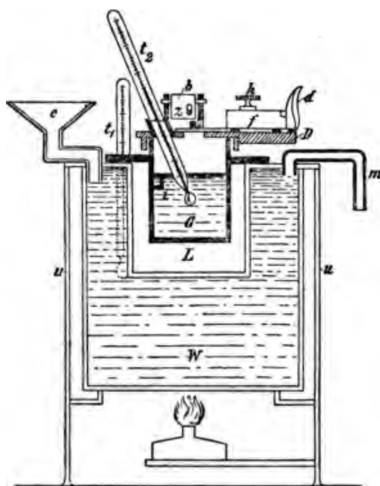
*) Häufig wird der Gaspreis für den englischen Kubikfuss angegeben. Es ist

1 engl. Kubikfuss = 0,0283 cbm
1 cbm = 35,317 engl. Kubikfuss.

Der Abelsche Petroleumprober (Fig. 95) in der Konstruktion, wie er in Deutschland zur amtlichen Petroleumprüfung vorgeschrieben ist, besteht aus einem cylindrischen Wasserbad *W*, das von einem Blechmantel *u* in einer Entfernung von 10 mm umgeben ist und durch ein Weingeistlämpchen geheizt werden kann. Es besitzt eine Öse, in welche das Thermometer t_1 passt, welches von 50—60° C reicht und bei 55° C als Normaltemperatur eine Marke hat, einen Einfülltrichter *e* und ein Überlaufrohr *m*.

Im Wasserbad *W* befindet sich ein cylindrischer Ausschnitt, in den wieder der cylindrische Petroleumbehälter *G* passt und zwar so, dass zwischen den Wandungen von *W* und *G* ein geringer Zwischenraum ist.

Fig. 95.



Im Petroleumbehälter *G* befindet sich eine Marke *i*, bis zu welcher das Petroleum einzufüllen ist, so zwar, dass die Spitze der Marke und die Oberfläche des Petroleums eben zusammenfallen.

Auf den Petroleumbehälter *G* passt ein Deckel *D*, welcher eine Öse für ein in 1/2° C geteiltes Thermometer t_2 und die Zündvorrichtung trägt. Die letztere besteht aus einer Feder *f*, die mittelst der Schraube *h* aufgezogen wird und durch einen Druck auf den Drücker *d* abläuft, einem horizontalen Schieber, der in Ruhe eine Öffnung im Deckel *D* verschliesst, beim Zurückgehen der aufgezogenen Feder aber diese Öffnung frei macht und dann wieder schliesst, wobei gleichzeitig der Zünder *Z*,

ein Petroleumflämmchen, in die Öffnung gesenkt und dann wieder gehoben wird. Das Flämmchen *Z* wird durch etwas Petroleum in dem kleinen Bassin *b* gespeist.

Ausführung eines Versuches:

Man kühlt das Petroleum unter 12° C ab und liest dann den Barometerstand ab; aus der folgenden Tabelle ergiebt sich, bei welcher Temperatur man mit dem Proben zu beginnen hat:

Bei einem Barometerstand von	erfolgt der Beginn des Probens
685—695 mm (incl.)	+ 14,0° C
695—705 „ „	14,5
705—715 „ „	15,0
715—725 „ „	15,5
725—735 „ „	16,0
735—745 „ „	16,0
745—755 „ „	16,5
755—765 „ „	17,0
765—775 „ „	17,0

Man füllt das Wasserbad *W* mit Wasser, das man vorher auf eine Temperatur von 58° C gebracht hat, sodass das Wasser eben durch *u* abzulaufen beginnt, und hält es während des ganzen Versuches auf 55° C, was an Thermometer t_1 zu ersehen ist.

Man setzt nun t_2 in die Öse des Deckels *D*, füllt das Petroleum, das man auf die entsprechende Temperatur erwärmt hat, in den Behälter *G* bis an die Marke *i* und setzt den Deckel *D* vorsichtig auf den Behälter *G*, sodass das Petroleum nicht geschüttelt wird.

Dann setzt man den armierten Behälter in das Wasserbad *G* ein, entzündet das Flämmchen *z*, das man so gross hält, als ein auf dem Deckel *D* befindliches Beinknöpfchen angiebt, und spannt die Feder *f*.

Man lässt dieselbe dann durch einen Druck auf *d* ablaufen, wenn die Probetemperatur erreicht ist, was man am Thermometer t_2 ersieht und wiederholt dies, wenn die Temperatur des prüfenden Petroleums je um einen halben Grad steigt.

Ist der freie Raum im Behälter *G* genügend mit Petroleumdämpfen erfüllt, so erfolgt eine Entzündung, die Flamme schlägt in den Raum, wobei das Flämmchen *z* gewöhnlich erlischt. Diesen Punkt notiert man als Entflammungspunkt des Petroleums.

Man wiederholt dann den Versuch mit einer zweiten Probe Petroleum.

Während des Probens schützt man das Flämmchen *i* vor dem Atem durch eine Glastafel, welche am Apparat verschiebbar angebracht ist.

Der Entflammungspunkt ist aber auch abhängig vom Barometerstand und darf nach dem Deutschen Gesetz nicht unter 21° C bei **760** mm liegen.

Man hat daher den beobachteten Entflammungspunkt auf 760 mm zu beziehen oder den massgebenden Entflammungspunkt für den eben herrschenden Luftdruck in Vergleich zu setzen. Hiezu dient folgende Tabelle:

Tabelle XXVI.

mm Barometerstand	Massgebender Entflammungspunkt	mm Barometerstand	Massgebender Entflammungspunkt
685 . . .	18.4° C	740 . . .	20.3° C
690 . . .	18.6	745 . . .	20.5
695 . . .	18.7	750 . . .	20.7
700 . . .	18.9	755 . . .	20.8
705 . . .	19.1	**760** . . .	**21.0**
710 . . .	19.3	765 . . .	21.2
715 . . .	19.4	770 . . .	21.4
720 . . .	19.6	775 . . .	21.5
725 . . .	19.8	780 . . .	21.7
730 . . .	20.0	785 . . .	21.9
735 . . .	20.1		

Zum Beispiel: es wurde für ein Petroleum bei 712 mm Barometerstand der Entflammungspunkt bei 18,5° C gefunden.

Man sucht nun den massgebenden Entflammungspunkt für 712 mm Barometerstand, indem man den Ent-

flammungspunkt nimmt, welcher dem 712 mm am nächsten liegenden Barometerstand 710 mm entspricht, also 19,3° C, d. h. das bei einem Barometerstand von 760 mm bei 21,0° C flammende Petroleum würde bei dem Barometerstand von 712 mm schon bei 19,3° C flammen.

Das untersuchte Petroleum flammt aber schon bei 18,5° C, zeigt also einen niedrigeren Entflammungspunkt und ist zu beanstanden.

Bei einem zweiten Petroleum wurde der Entflammungspunkt 21° C bei 719 mm Barometerstand gefunden. Der massgebende Entflammungspunkt ist bei 719 mm (720 mm) 19,6° C. Dieses Petroleum besitzt daher einen etwas höheren Entflammungspunkt als gesetzlich festgesetzt ist und ist nicht zu beanstanden.

Petroleumuntersuchung

Petroleum kann unangenehm werden dadurch, dass es beim Brennen russt oder unangenehm riechende Dämpfe entwickelt. Falls die Schuld hieran nicht an einer mangelhaft konstruierten oder schlecht gereinigten Lampe liegt, soll das Petroleum näher untersucht werden und zwar durch Bestimmung des spezifischen Gewichtes und durch fraktionierte Destillation.

Die Bestimmung des spez. Gewichtes erfolgt mittelst Piknometer, Westphalscher Wage oder einer eigens gefertigten Senkwage.

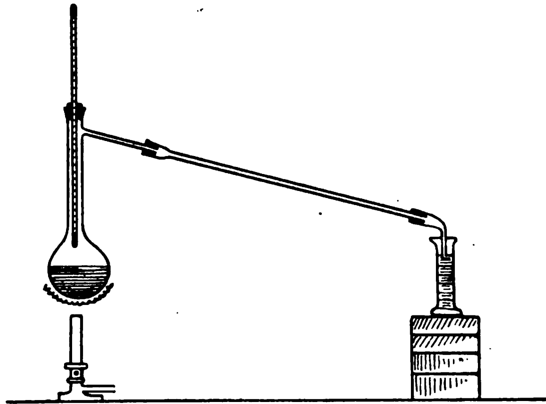
Amerikanisches Petroleum schwankt von 0,780—0,820 bei 15° C; russisches Petroleum von 0,820—0,830.

Fraktionierte Destillation

Zur fraktionierten Destillation giebt man in einen Rundkolben mit angeschmolzenem Rohr (Inhalt 500 ccm) 200 ccm Petroleum von 15° C, setzt in den Hals ein Thermometer so ein, dass dessen Kugel dem Abzugsrohr gegenüber steht, verbindet letzteres mit einem Glaskühlrohr von 40 cm Länge, stellt den Kolben auf ein Drahtnetz und erhitzt.

Das Destillat wird in geteilten Cylindern aufgefangen und bei 15° C gemessen.

Fig. 96.



Man fängt die bis 140° C übergehenden Dämpfe für sich auf, (leichte Öle),

ebenso das zwischen 140° und 310° destillierende eigentliche Petroleum,

ferner bestimmt man das Volumen des Restes im Kolben (schwere Öle.)

Gutes Petroleum soll nicht über 6% leichte Öle und über 8% schwere Öle enthalten.

Vergl. Thörner. Chemiker-Zeitung 1886. 528 u. f.
Engler. „ „ „ 1238 u. f.

Zweckmässig ist es, zu prüfendes Petroleum in sauberen, guten Lampen zu brennen, wozu man zweckmässig Rundbrenner und Flachbrenner benützt, deren Dochte vorher in dem betreffenden Petroleum gut ausgewaschen wurden.

Die Lampen werden in einem wenig ventilierten Lokal eine Stunde lang brennend erhalten und zwar bei normaler Flammenhöhe, so dass also kein Russen eintritt.

Man prüft von Zeit zu Zeit den Geruch im Lokal — gutes Petroleum soll keinen merklichen Geruch ergeben.

Vergl. über Petroleum die Aufsätze von C. Engler in Dingl. polytechn. Journal. 1885—1888.

Leuchtgas

2. Leuchtgas. Das Leuchtgas ist ein veränderliches Gemenge von Grubengas, Wasserstoff, Äthylen,

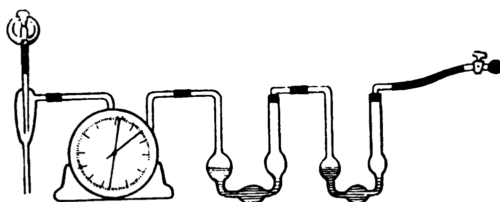
Kohlenoxyd und Stickstoff und kann infolge nachlässiger Reinigung Schwefelkohlenstoff, Schwefelwasserstoff, Schwefelammon, Ammoniak, Cyanammon u. s. w. enthalten.

Von hygienischem Interesse sind Schwefelverbindungen, besonders Schwefelwasserstoff, weil sie beim Verbrennen des Leuchtgases schweflige Säure bilden. Zum Nachweis von Schwefelwasserstoff leitet man das Gas durch Kölbchen, welche eine alkalische Lösung von Bleioxyd enthalten, bei Gegenwart von Schwefelwasserstoff tritt Schwärzung ein.

Zur quantitativen Bestimmung des Schwefelwasserstoffs leitet man das Gas durch zwei Peligotsche Röhren, welche Haassche Jodlösung enthalten, dann durch eine Gasuhr.

Das Ansaugen geschieht mittelst einer Wasserluftpumpe (Fig. 97) oder eines Aspirators.

Fig. 97.



Nach der Durchsaugung von 50 Liter Gas werden die Röhreninhalte in ein Becherglas gespült, dort mit Salzsäure übersättigt und zur Vertreibung des Jods gekocht. Die erhaltene Schwefelsäure wird dann mit Baryumchlorid gefällt und das Baryumsulfat abfiltriert und gewogen.

$$1 \text{ g Baryumsulfat} = \frac{34}{233} = 0{,}1459 \text{ g Schwefelwasserstoff}$$
$$= 95{,}80 \text{ ccm Schwefelwasserstoff von } 0^{\circ} \text{ und } 760 \text{ mm}$$

Die Bestimmung des gesammten, im Leuchtgase enthaltenen Schwefels erfolgt nach Drehschmidt. Chemikerzeitung 1887. Seite 1382, wonach das einem

Bunsenbrenner entströmende gemessene Gas verbrannt wird, die Verbrennungsgase werden von einer Luftpumpe angesogen, durchstreichen Absorptionsapparate mit Kaliumkarbonat-Bromlösung, in welchen die beim Brennen entstandene schweflige Säure zu Schwefelsäure oxydiert und entsprechend bestimmt wird.

Die Bestimmung der übrigen Bestandteile, insbesondere auch des Kohlenoxyd's erfolgt mittelst gasanalytischer Methoden, vergl. hierüber

W. Hempel: Gasanalytische Methoden. II. Aufl. Braunschweig 1890.

Cl. Winkler: Anleitung zur chem. Untersuchung der Industriegase. II. 192.

Heizung.

Die Untersuchung einer Heizungsanlage hat sich zu erstrecken:

1. auf die Ausnützung des Brennmaterials,
2. auf die Heiz-Wirkung auf die zu beheizenden Lokale,
3. auf die Möglichkeit einer Gesundheitsschädigung.

Die Bestimmung der Ausnützung des Brennmaterials erfordert

a) die chemische Analyse des Brennmaterials behufs Ermittelung der theoretisch möglichen Wärmeentwicklung.

(Methoden siehe: J. Post. Chemisch-techn. Analyse. II. Aufl. 1. Heft. Braunschweig 1889.)

b) die Ermittelung des Heizwertes, welche in einem Kalorimeter ausgeführt wird und ergiebt, welche Menge Kalorien das Brennmaterial an Wasser abgiebt.

Als Kalorie bezeichnet man bekanntlich jene Wärmemenge, welche nötig ist, 1 Liter Wasser um 1 Grad Cels. zu erwärmen.

(Methoden siehe F. Fischer. Zeitschrift für angew. Chemie 1890. 589. 1891. 596. 696, ferner Muck in Post. l. c.)

c) Die Bestimmung der im Verbrennungsraum eintretenden Temperatur, was durch Pyrometer oder Luftthermometer geschieht.

(Vergl. Ganzenmüller & Ulsch. Zeitschr. angew. Chemie 1890. 681. Weinhold in Post l. c.)

d) Die Bestimmung des Volumens, der Temperatur und der chemischen Zusammensetzung der abziehenden Rauchgase. Die Volumbestimmung wird durch Messung des Querschnittes und der Geschwindigkeit ausgeführt, für letztere bedient man sich zweckmässig des Recknagelschen Differentialmanometers, weniger gut eines Anemometers, da dessen Konstanten in der Hitze eventuell sich bedeutend ändern. Die Bestimmung der Temperatur geschieht durch Pyrometer oder Luftthermometer.

Die Ermittelung der chemischen Zusammensetzung — die meisten Rauchgase bestehen nur aus Kohlensäure, Stickstoff und Sauerstoff, mit Kohlebeimengung und Wasserdampf, doch tritt mitunter Kohlenoxyd auf, — erfolgt durch Gasanalyse.

Man prüft in bekannter Weise auf Kohlenoxyd mittelst Palladiumchlorürlösung. Meist genügt bei Abwesenheit desselben dann eine Kohlensäure- und Sauerstoffbestimmung.

(Vergl. F. Fischer. Die chemische Technologie der Brennstoffe. Braunschweig 1880.)

Die Bestimmung der Heizwirkung auf die zu beheizenden Lokale erfordert im unbeheizten und dann im beheizten Raum

1. Temperaturbestimmungen,
2. Feuchtigkeitsbestimmungen, bezw. Bestimmung des Sättigungsdefizits,
3. Kubikinhaltberechnung,

4. Bestimmung der natürlichen Ventilation.

Die hiezu dienenden Methoden sind bereits beschrieben.

Die Möglichkeit einer Gesundheitsschädigung durch Heizanlagen ist gegeben, wenn infolge unvollkommener Verbrennung sich Kohlenoxyd entwickelt und sich der Lokalluft auf irgend eine Art beimengt.

Diese Prüfung auf Kohlenoxyd erfolgt nach den Seite 82 beschriebenen Methoden.

Bei schlechten Heizanlagen, insbesondere in Folge ungenügenden Zuges treten die Rauchgase häufig in die Lokale statt in den Kamin, und mengen sich mit den Produkten der trockenen Destillation (Essigsäure, Theer u. s. w.), welche in Folge Luftzugmangels vor dem Erlöschen des Feuers eintritt.

In solchen Fällen ist es nötig, die Ursache dieser Störungen zu erforschen, welche in äusseren Witterungserscheinungen, in der Bauart des Kamins, in der Zusammenführung mehrerer Rauchrohre, in einer fehlerhaften Ofenkonstruktion liegen kann und wo hauptsächlich ein Anemometer oder Differentialmanometer die Fehler auffinden lässt.

Man beginnt bei nicht gefeuertem Ofen die Untersuchungen an dessen Feuertüre, dann untersucht man am Rauchrohransatz, Übergang in den Kamin, am Sockel und an der Mündung des Kamins, sowie an etwaigen Zweigeinmündungen, und wiederholt die Messungen, wenn das Feuer brennt.

Eiserne Öfen und Ofenteile, welche sehr heiss oder gar glühend werden, bewirken eine trockene Destillation des darauf liegenden Staubes und sind die Ursache der brenzlichen, stechenden Dämpfe, welche das Gefühl des „Trockenseins“ hervorrufen.

Mitunter kann auch eine Bestimmung der den Rauchgasen beigemengten schwefligen Säure erforderlich werden.

Man saugt dann mittelst des Seite (401) abgebildeten Apparates zu messende Mengen Rauchgase durch Peligotsche Röhren, welche Haassche Jodlösung enthalten, wodurch die schweflige Säure in Schwefelsäure verwandelt wird, welche in bekannter Weise als Baryumsulfat gewogen wird.

1 g Baryumsulfat = 0,274 g schweflige Säure $\left(\frac{64}{233}\right)$

= 95,69 ccm schweflige Säure (0° und 760 mm Druck).

Reagentien.

Äthylalkohol C_2H_5HO, wird absolut und in verschiedenen Verdünnungen gebraucht.

Ammoniaklösung NH_3, spez. Gewicht 0,96 bei 10% Gehalt.

Ammonchlorid NH_4Cl, Lösung 1 : 10.

Ammonkarbonat $(NH_4)_4C_3O_8$ 1 Teil gelöst in 4 Teilen Wasser und 1 Teil Ammoniaklösung.

Ammonmolybdat $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$, 150 g Ammonmolybdat werden in 1 Liter Wasser gelöst und die Lösung in 1 Liter Salpetersäure vom spez. Gewicht 1,2 gegossen.

Ammonoxalat $(NH_4)_2C_2O_4$, Lösung 1 : 20.

Amylalkohol $C_5H_{10}.HO$.

Äther $(C_2H_5)_2O$.

Baryumchlorid $BaCl_2$, Lösung 1 : 10.

Bleiacetat $Pb(C_2H_3O_2)_2$, Lösung 1 : 10.

Chloroform $CHCl_3$.

Eisenchlorid Fe_2Cl_6, Lösung 1 : 20.

Essigsäure $C_2H_4O_2$, vom spez. Gewicht 1,06 (50%).

Fehlingsche Lösung siehe Seite 243.

Ferricyankalium $Ka_6Fe_2Cy_{12}$, Lösung 1 : 10.

Ferrocyankalium Ka_4FeCy_6, Lösung 1 : 10.

Haassche Lösung siehe Jod-Jodkaliumlösung.

Jod-Jodkaliumlösung: 5 g Jod werden mit 5 g Jodkalium und 50—100 ccm Wasser verrieben und auf 1 Liter mit Wasser verdünnt.

Jodzinkstärkelösung: 5 g Stärkmehl und 20 g Chlorzink werden mit 100 ccm Wasser unter Ersatz des verdampfenden Wassers bis zur klaren Lösung gekocht, mit 2 g Jodzink versetzt, auf 1 Liter verdünnt und klar absitzen gelassen. Die Lösung ist in gut schliessenden Flaschen im Dunkeln aufzubewahren.

Kaliumhydroxyd $KaOH$, Lösung 1 : 10.

Magnesiamischung: 1 Teil Magnesiumsulfat und 1 Teil Ammonchlorid in 8 Teilen Wasser gelöst, mit 4 Teilen Ammoniaklösung versetzt und nach mehrtägigem Stehen filtriert.

Natronlauge $NaOH$, Lösung 1 : 10.

Natriumkarbonat Na_2CO_3, Lösung 1 : 5 (entwässertes Salz).
1 : 2,7 (kryst. Salz).

Natriumphosphat Na_2HPO_4, Lösung 1 : 10.

Nesslers Reagens: 35 g Jodkalium und 13 g Quecksilberchlorid werden mit 800 ccm Wasser zum Kochen erhitzt, dann tropfenweise mit einer kalt gesättigten Quecksilberchloridlösung versetzt, bis eben ein bleibender Niederschlag entsteht. Man fügt dann 160 g Kaliumhydrat zu, verdünnt mit Wasser auf 1 Liter, setzt noch etwas Quecksilberchlorid zu und lässt absitzen.

Platinchlorid $PtCl_4$, Lösung 1 : 10.

Palladiumchlorür (Seite 85).

Salpetersäure HNO_3, konzentriert und Verdünnung 1 : 3.

Salzsäure HCl, konzentriert und Verdünnung 1 : 3.

Schwefelammon $(NH_4)_2S$, mit Schwefel digeriert (gelb).

Schwefelsäure H_2SO_4, konzentriert und Verdünnung 1 : 10.

Silbernitrat $AgNO_3$, Lösung 1 : 20.

Indikatoren.

Jodkaliumstärkepapier siehe Seite 69.

Kochenilletinktur: 3 g gestossene Kochenille mit 200 ccm Wasser und 50 ccm Alkohol digeriert und filtriert

Lakmuspapier ist völlig neutral, wie auch in rot und blau nötig und am besten fertig zu beziehen.

Phenolphtaleïn, Lösung 1 : 30 Alkohol.

Rosolsäure siehe Seite 73.

Es ist eine wichtige Bedingung, dass alle Chemikalien rein seien und dass die Lösungen vor Verunreinigungen geschützt aufbewahrt werden. Am besten eignen sich Flaschen aus braunem Glas mit gut eingeschliffenen Glasstöpseln. Gegen das Festwachsen der Stöpsel in den Flaschenhälsen schützt man sich dadurch, dass man die Stöpsel mit sehr wenig reinstem Vaselin einfettet.

Faktorentabelle.

Gesucht	Gefunden	Faktor
Blei (Pb)	Bleisulfat ($PbSO_4$)	0,683
Bleioxyd (PbN)	„ „	0,736
Kaliumoxyd (Ka_2O)	Kaliumplatinchlorid (Ka_2PtCl_6)	0,193
Kaliumchlorid (KaCl)	„	0,305
Magnesiumoxyd (MgO)	Magnesiumpyrophosphat ($Mg_2P^0O_7$)	0,360
Natriumoxyd (Na_2O)	Natriumchlorid (NaCl)	0,530
Stickstoffsubstanzen (Proteïn-, Eiweissstoffe)	Stickstoff	6,25
Schwefelsäure (SO_3)	Baryumsulfat ($BaSO_4$)	0,343
Schweflige Säure (SO_2)	„ „	0,275
Zink (Zn)	Zinkoxyd (ZnO)	0,803
Zinn (Sn)	Zinnoxyd (SnO)	0,787

Grosse Erleichterung bei der Berechung der Analysen gewähren die „Rechentafeln zur chemischen Analyse“ von Kohlmann und Frerichs. Leipzig 1882.

Sachregister.

Be ... eniks
bei chro ... tuberkulose

Zur Anato ... ejaculatorii

Zu ... tum.

a) Tal ... gefundenen
Vol ... ℳ —.60,
b) Tal ... ohlensäure
(na...
c) Tal ... stoffs (mit
dem ... m Stickstoff
bei ... eis ℳ —.60,
amtlich ... ssistent am

xper- ... ibrüche
... vor-

Z ... ng.

Die Malaria von Rom und die alte Drainage der römischen Hügel.
rausgegeben von **C. Tommasi-Crudeli.** Deutsch von Dr. **A. Schuster.**
Mit einem Vorwort von Dr. **M. von Pettenkofer.**
1882. Preis ℳ —.80.

Ueber Volkskrankheiten
von Geheimrath Dr. **Hugo von Ziemssen.**
1886. Mit 1 Tafel. Preis ℳ —.50.

Zur Aetiologie der Tuberculose
von Obermedicinalrath Professor Dr. **O. Bollinger.**
1883. Preis ℳ —.80.

NAME

Tra

Docent
1887

Allgeme

Prof

Instr
bei den gerich
1886

Mehrf

P
18

aus dem

Herausg
I Heft 1889. M 3.—
der Untersuchung

